A. hydr. 203 Busse

<366228459300013

<366228459300013

Bayer. Staatsbibliothek

Betrachtung

der

Winterschmidt- und Höll'schen

Wassersäulenmaschine

nebst

Vorschlägen zu ihrer Verbesserung

und

gelegentlichen Erörterungen

über

Mechanik und Hydraulik

von

Friedrich Gottlieb Busse,

Churfürstl. Sächsischem Commissionsrathe, Professor der Mathematik, Physik und Bergmaschinenlehre an der Churfächs. Bergakademie zu Freyberg, Correspondent der Königl. Großbritann. Societät der Wissenschaften zu Göttingen, Mitglied der Akad. nützl. Wissenschaften zu Erfurt, auch der dortigen mathem. und physikal. Gesellschaft, und der ökonomischen Gesellschaft zu Halle.

Mit einer Kupfertafel.

Freyberg, 1804.

bey Craz und Gerlach.

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Dem

Durchlauchtigsten Fürsten und Herrn

Herrn

Friedrich August,

Herzoge zu Sachsen,

Cleve, Berg, Engern und Westphalen, des heiligen Römischen Reichs Erzmarschalln und Churfürsten, Landgrafen in Thüringen, Markgrafen zu Meissen, auch Ober- und Niederlausitz, Burggrafen zu Magdeburg, Gefürsteten Grafen zu Henneberg, Grafen zu der Mark, Ravensberg, Barby und Hanau ꝛc.

Meinem gnädigsten Herrn.

Durchlauchtigster Churfürst,

Gnädigster Herr!

Ew. Churfürstliche Durchlaucht hatten die Gnade, zu meinem jetzigen Amte mich berufen zu lassen, und den Werth dieses Rufes mit fürstlicher Freygebigkeit zu erhöhen. Nach einer fast dreyjährigen Erfahrung kann ich mit dankvoller Rührung hinzufügen, daß durch diese Veränderung meiner Lage mein Wohlbefinden in vieler Hinsicht vermehrt ist.

Die hiesige Bergakademie fand ich in einem sehr blühenden Zustande vor; Thätigkeit und Lernbegierde bey den Zuhörern, und zwischen ihnen und ihren Lehrern die besten Verhältnisse, wie man sie nur zu wünschen hat.

Der Name Freyberg ist mir äußerst werth geworden, seit ich das Glück habe, unter seinen vortrefflichen Einwohnern zu leben, und das Wohlthätige ihrer wahren Urbanität, auf Herzensgüte gegründet, täglich zu empfinden.

Oft wird in jedem Lande über dessen Regenten gesprochen. Bey einer allgemeinen Verehrung Desselben findet für den Beamten, der seinem Fürsten erge-

ben

ben seyn muß, das unschätzbare Verhältniß statt, daß auch hierin Meynung, Pflicht und Worte, bey völliger Freymüthigkeit allenthalben mit einander übereinstimmen können!

Namentlich wird es von den Bewohnern des Erzgebirges mit lebhafter Dankbarkeit erkannt, daß der Bergbau einer ganz besondern Huld und Aufmerksamkeit unsers Gnädigsten Landesherrn gewürdigt wird: und in dieser Hinsicht wage ich es, Höchstdenenselben meine gegenwärtige Arbeit unterthänigst zu überreichen; um so mehr, da sie durch eine mir anbefohlne Untersuchung veranlaßt ist, und ich mir bewußt bin, daß ich in der That mit wahrer Lust und Wil-

ligkeit dahin gearbeitet habe, dem ehren-
vollen Zutrauen meiner einsichtsvollen
und achtungswürdigen Oberen zu ent-
sprechen.

In tiefster Ehrfurcht ersterbe, als

Ewr. Churfürstl. Durchlaucht

Freyberg
den 15ten August
1804.

unterthänigst treugehorsamster
Friedrich Gottlieb Busse.

Vorrede.

Ob die hier behandelte Maschine fernerhin nach Höll, wie es gewöhnlich ist, oder, wie es mir wahrscheinlicher vorkömmt, nach Winterschmidt zu benennen sey? — — Ich bin durch Krankheit verhindert worden, mein Versprechen (Seite 14.) zu erfüllen, und mich näher darnach zu erkundigen. Sollte es am Ende ungewiß bleiben, wer von beyden sie zuerst erfunden hat, so würde ich vorschlagen, sie die große Wassersäulenmaschine zu nennen. Nicht nur verdient sie dieses Beywort in Vergleichung mit den übrigen Maschinen, welche nach Wassersäulen hie und da benannt werden; sondern selbst auch un-

ter den Bergwerksmaschinen macht sie eine der größten aus.

Unter allen großen Maschinen ist sie auch eine der merkwürdigsten in Hinsicht der vortheilhaften Wirksamkeit oder zweckmäßigen Kraftverwendung, deren sie fähig ist. Schon so wie Höll sie vorgerichtet hat, noch mehr aber nach den Veränderungen, die ich hier in Vorschlag gebracht habe, glaube ich von ihr versichern zu können, daß sie unter allen bisher bekannt gewordenen solchen Wasser- und Wasserhebungs-Maschinen, die ins Hohe und Große arbeiten können, am vortheilhaftesten wirken, oder noch bestimmter zu reden, den höchsten Wirkungsgrad erreichen kann. (Man findet diesen Ausdruck Seite 28. erklärt.) Namentlich bin ich überzeugt, daß selbst diejenigen oberschlägigen Radkunstgezeuge, welche unserm verewigten Mende am besten gelungen waren, in Hinsicht des Wirkungsgrades bey weiten ihr nachstehen.

Unter den vier Wassersäulenmaschinen, welche Mende von ziemlich verschiedener Einrichtung nach und nach hier erbaut hatte, scheint in eben dieser

Hinsicht die zweyte, nach den geschätzten Erfahrungen über dieselbe in dem Vten, und nach meiner theoretischen Berechnung im XIIten Kapitel, den besten seiner schon genannten Radgezeuge gleich zu kommen.

Unter denen von Höll aber befinden sich schon einige, die nach meiner Schätzung im Vten Kapitel einen etwas höheren Wirkungsgrad erreichen: denn wo er sehr viel höher ist, da scheinen Zweifel gegen die Richtigkeit der Angaben einzutreten. (§. 53. und §. 56. Anmerk. 1.)

Bey meinen vorgeschlagenen Veränderungen dieser Maschine wird ihr Wirkungsgrad, nach der Berechnung im XVIIIten Kapitel, noch um die Hälfte größer als bey den besten Mendenschen oberschlägigen Rad-Kunstgezeugen anzusetzen seyn.

Dieses letztere Resultat ist nun freylich noch nicht aus unmittelbarer, individueller Erfahrung, faktisch erwiesen, sondern nur auf eine solche wissenschaftliche Benutzung allgemeiner Erfahrungen, auf eine solche theoretische Betrachtung gegründet, von der ich selbst es eingestehe, daß sie völlig genau noch nicht seyn soll-

te und konnte. Eben deshalb aber, weil ich die Theorie für jetzt noch nicht ins feinste Detail treiben, und daher auch auf den Entwurf der Maschine im XVIIIten Kapitel nicht viele Zeit verwenden wollte, läßt sich erwarten, daß bey einer genaueren Benutzung mancher Vortheile, welche von einer genaueren Theorie noch zu hoffen, und größtentheils schon von mir angedeutet sind, selbst jener sehr beträchtliche Wirkungsgrad noch um ein ziemliches sich werde erhöhen lassen!

Sey es mir auch hier erlaubt, noch ein Paar Worte zu wiederholen, die zwar am Ende des vorletzten Kapitels schon mit abgedruckt sind, eigentlich aber für die Vorrede bestimmt waren. Soll ich gegenwärtig, da ich für die Maschinerie des Bergbaues noch so manches zu lernen und zu beobachten übrig habe, gleichwohl schon es wagen, ein etwas allgemeines Urtheil über dessen Wasserhebungsmaschinen zu äußern, so würde es dahin gehen: daß man freylich bey den Kunstsätzen selbst noch einige Abänderungen dürfte zu versuchen haben; auch an den oberschlägigen Wasserrädern von dem bisher gewöhnlichen Kraftaufwande wohl noch etwas ersparen könn-

te; der größte Gewinn für die Wasser-Oekonomie aber von einer gehörigen Benutzung der Wassersäulenmaschine zu erwarten sey. *)

Neue Vorschläge pflegen in allen Ländern Widerspruch und leidenschaftliche Gegenkehr vorzufinden, besonders wenn bey ihrer wirklichen Ausführung viele Stimmen einzuholen sind. Hätte nicht — — so höre ich erzählen — — der berühmte Maschinist Höll den berühmten Astronomen Hell zum Bruder gehabt, und dieser letztere den Widerspruch gegen die Brauchbarkeit und Nutzbarkeit der Wassersäulenmaschinen zu besiegen gewußt; so wäre aller Wahrscheinlichkeit nach, auch Hölls so schöne Erfindung in Ungarn nicht zur Ausführung gekommen. Da nun Winterschmidts Maschinen auf dem Harze

(nach

*) Soll auch von Benutzung neuer Kräfte die Rede seyn, so ist es mir freylich sehr einleuchtend, daß bey der Unsteigkeit des gebirgischen Windes, diese Kraft zur Betreibung jener bergmännischen Maschinen unmittelbar nicht gebraucht werden kann. Gleichwohl ist die Kraft des Windes so wohlfeil, und wir empfinden ihn in unserm Gebirge so häufig und so mächtig, daß es wohl des Versuches werth wäre, kleine Pumpenmühlen für ihn aufzustellen, um einige Wasser vorläufig in höhere Behälter, die sich hie und da im Gebirge darbiethen, zu heben, und erst von dort aus als Aufschlag zu benutzen.

(nach §. 16.) nicht sonderlich wirken konnten, und bald genug wieder abgebaut wurden; so wäre es, ohne den Pater Hell, mit den Wassersäulenmaschinen vermuthlich bloß bey ihrem kurzen Versuche am Harze geblieben. Denn ohne ihren faktischen Ruhm in Ungarn dürfte nicht nur Mende schwerlich zu ihrer Erbauung gekommen seyn; sondern Er war überdies in der Anlage dieser Maschinen nicht sehr glücklich gewesen, so daß seine vier verschiedenen Versuche, den zweyten etwa ausgenommen, zur Empfehlung dieser neuen Maschinerie nicht geeignet waren. (Auch von seiner ersten Maschine, deren ich in der Anmerkung Seite 32 nur kurz erwähnen konnte, scheint mir gegenwärtig aus einer einzelen Stelle in den Acten zu erhellen, daß sie am Ende auf anerkannte Unzufriedenheit der Gewerkschaft, und mit Erstattung der Kosten wieder beseitigt wurde.)

Solcher ziemlich fehlgeschlagenen Versuche ungeachtet, blieben die einsichtsvollen Obern des Churfächsischen Bergbaues dennoch überzeugt, daß die Aufmerksamkeit auf die Wassersäulenmaschine keinesweges zu beseitigen sey; daher im vorigen Jahre die Revision ihrer ehemaligen Untersuchung mir anbefohlen wur-

wurde. Bey meiner Bearbeitung dieser Sache entstanden mir nun mehrere Betrachtungen und Rechnungen, die sich gedruckt weit besser als geschrieben überschauen und beurtheilen lassen, auch zur öffentlichen Mittheilung mir geschickt schienen, wenn ich noch einige Kapitel, wie das erste, zweyte, vierte, fünfte und sechste hinzufügte, um auch solchen Lesern verständlich zu werden, die mit unsern Kunstgezeugen und der Wassersäulenmaschine selbst, nebst einigen dafür so wichtigen Lehren der neueren Experimentalhydraulik, noch nicht vorläufig bekannt seyn möchten.

Es sind ja noch nicht viele etwas umständlich ausgeführte theoretisch- praktische Betrachtungen einzeler Maschinen vorhanden, *) und ich weiß es von einigen

*) Des verewigten Karsten's gekrönte Preisschrift, Abhandlung über die vortheilhafteste Anwendung der Feuerspritzen, 1773, pflegt als die gelungenste Arbeit dieser Art genannt zu werden. Aber sie war nicht nur ohne diejenigen, spaterhin erst bekannt gewordenen Lehren der Experimentalhydraulik, welche ich im VIIten Kapitel aufgeführt habe, bearbeitet; sondern ich glaube auch in meinen Erinnerungen gegen

gen unserer berühmtesten Mathematiker, daß sie selbst dergleichen aufgestellt wünschen. Möchte namentlich auch den würdigen Männern, Eytelwein, Hindenburg und Klügel, die mich zu solcher Arbeit ermuntert haben, durch diesen meinen ersten öffentlichen Versuch in dieser Art einiges Genüge geschehen!

Einige Kapitel, die ich noch auszuarbeiten dachte, wurde ich für diesmahl durch meine Krankheit gezwungen, dahin gestellt zu lassen. Einige andere von den feineren und genaueren Untersuchungen war ich aber überdies schon willens zu verschieben, bis ich Gelegenheit erhalten würde, eine schon ziemlich gut gebaute Maschine vollständig vor mir zu sehen.

Indessen hoffe ich, daß auch die gegenwärtige Mittheilung ihren Nutzen haben wird. Man wird daraus

gegen Karstens Theorie des Spritzenbaues (Hindenburgs Archiv der reinen und angewandten Mathematik, Eilftes Heft, 1800, Abhandlung I) gezeigt zu haben, daß bey Begründung der Hauptmaxime ein Cirkel im Schließen begangen ist, der freylich in dem etwas schwierigen Calcul sich leicht verstecken konnte, auch bey den nachherigen Bearbeitungen dieser Maschine in den spätteren Lehrbüchern des Verfassers ihm unbemerkt geblieben ist.

daraus auf der einen Seite immer schon einsehen, daß die Theorie gegenwärtig weit genug gediehen ist,

um Maschinen dieser Art mit ziemlicher Sicherheit zu berechnen,

auch durch sie selbst von vorne her auf wichtige Verbesserungen geleitet zu werden,

und andere vorgeschlagene Abänderungen im voraus zu würdigen.

Auf der andern Seite wird es auch erhellen, daß die theoretisch-praktische Behandlung einer Maschine keine Sache sey, die man wie das Einmaleins der gewöhnlichen Rechner, oder ihre Kettenregel und ähnliche Rechnungsformen, auswendig lernen könne und nur anzuwenden brauche, sobald man selbst es will. Man wird vielmehr aus dem ganzen Gange der gegenwärtigen Abhandlung es abnehmen können, daß außer der Bekanntschaft mit der Theorie, um sie wirklich passend und schicklich anzuwenden, jedesmal Aufgelegtheit und Anstrengung des Geistes — und Zeit zu seiner Sammlung für die gehörige Beachtung der jedesmaligen Individualität — nothwen-

dig sind: so wie überhaupt die nützliche Anwendung der Mathematik weit mehr auf treffendes und wohlgewandtes Denken, als auf fertiges Calculiren beruht.

So sehr ich deshalb überhaupt, besonders aber bey der ersten, vorläufigen Behandlung einer Maschine, allen schwierigen Calcul nach Möglichkeit zu vermeiden suche; so ist es übrigens, wenn die Behandlung praktisch nützlich werden soll, doch allemahl nothwendig, in einiges Detail der Maschine einzugehen, welches namentlich auch bey der hier behandelten noch nicht geschehen war. Daher wird es jedem Leser einige Anstrengung kosten, um den Vortrag des XIten, XIIten und XVIIIten Kapitels völlig zu fassen und zu überschauen. Anfänger werden ihn zu mehrern Mahlen durchdenken müssen. Bey ihrer gehörigen Achtsamkeit aber hoffe ich, daß namentlich auch der angehende Maschinist in diesem Buche viele Winke zur Verbesserung und vortheilhaften Einrichtung der Maschinen überhaupt, vorfinden wird. Diese Winke sind meistens nur sehr kurz gefaßt; so

daß

daß man auf einzelne Worte des Vortrages und ihre Stellung aufmerken muß. Indessen habe ich nicht etwa meinen Vortrag überhaupt zu einer völlig strengen und trockenen Kürze bringen wollen: ich habe vielmehr auch manche gelegentliche Betrachtung mit einfließen lassen, wenn ich glaubte, daß sie meinen Lesern willkommen seyn würde.

Erst vor kurzem haben wir hier durch den Herrn Graf Pötting erfahren, daß das Zinnstockwerk in Schlackenwalde wiederum aufgebracht, und (unter der Direction dieses einsichtsvollen und thätigen Gubernial-Bergrathes in Böhmen) in dieser Grube das Wasser vermittelst einer Wassersäulenmaschine jetzt gewältigt wird. Doch ist diejenige Einrichtung, welche ich im XVIten Kapitel vorgeschlagen habe, um vermittelst einerley Maschine bald zu gewältigen, bald bloß zu Sumpfe zu halten, dort nicht angebracht; und es gereichte zu meiner großen Aufmunterung, daß von dem Herrn Grafen sowohl dieser Vorschlag, als auch der im XXten Kapitel, wodurch die Maschine zu einer ebenfalls abwechseln-

den Mitbetreibung eines Kehrrades geschickt gemacht wird, beyfällig anerkannt wurde.

Es thut mir leid, daß ich die gute Gelegenheit versäumt habe, mich wegen der oben (Seite XIII.) mitgetheilten Erzählung bey solch einem Eingebohrnen zu erkundigen. Wenn aber Höll den Pater Hell wirklich zum Bruder hatte, so folgt daraus unwidersprechlich, daß auch Höll ein Bruder von Hell war. Den einzigen sehr unwahrscheinlichen Fall ausgenommen, daß beyde nur Halbbrüder waren, und der eine Vater gerade Hell, der andere aber Höll geheissen habe; so sollten beyde entweder Höll oder Hell geschrieben werden? Vermuthlich ist Höll statt Hell eingeschlichen; so wie man Töplitz schreibt, da es doch richtiger wohl Teplitz heissen sollte.

Seite 84 habe ich auf einen Anhang dieses Buches verwiesen. Darin war ich willens, meine Antikritik gegen die Recension meiner Ausgabe von Silberschlags praktischer Abhandlung über Prüfung und richtige Angabe der Feuerspritzen,

fort=

fortzusetzen, — mit derjenigen sehr wohlwollenden persönlichen Stimmung fortzusetzen, welche auf die wohlwollenden Aeußerungen des Recensenten in seiner Antwort (Jenaische Allgem. Lit. Zeitung, Intell. Bl. No. 190, 1803.) natürlich erfolgen mußte. — Aber einer unsrer vorzüglichen Mathematiker wünschte, daß ich über die Géométrie de Position des berühmten Carnot (à Paris, 1803.) meine Meynung mittheilen möchte. Dieses soll nun allerdings in wenigen Bogen, unter dem Titel, Vergleichung zwischen Carnot's und meiner Ansicht der Algebra und unserer beyderseitigen Abhelfung ihrer Unrichtigkeit, geschehen; und für diese Bogen wird jene sehr kurze Fortsetzung meiner Antikritik einen sehr schicklichen Anhang ausmachen. Denn hauptsächlich dadurch, daß ich fest überzeugt blieb, in gewissen Theilen der angewandten Algebra anders als nach der gewöhnlichen Methode verfahren zu müssen, ist die erwähnte Antikritik veranlaßt worden. Diese Fehler der angewandten Algebra habe ich schon vor einigen Jahren herzhaft gerügt. Wäre diese Rüge in Frankreich bekannt geworden, so würde Herr

Carnot schwerlich verleitet seyn, jene fehlerhafte Anwendung der Algebra mit der ganzen Wissenschaft zu verwechseln, auch diese letztere für unstatthaft zu erklären, und allenthalben Widersprüche in ihr vorzufinden, auch solche, denen sie gewiß nicht unterworfen ist. Freyberg im May 1804.

Inhalt.

I. Kap. Vorläufige pragmatische Uebersicht der Maschine. Seite 1.

II. Kap. Literatur der Maschine und ihre Erfinder. S. 12.

III. Kap. Eigenthümliche Nutzbarkeit der Wassersäulenmaschine. S. 18.

IV. Kap. Von den Graden der Wirksamkeit. S. 26.

V. Kap. Wirkungsgrad eines vorzüglich guten oberschlägigen Kunstgezeuges, und mehrerer wirklich erbauten Säulenmaschinen. S. 31.

VI. Kap. Einige Bemerkungen über die dynamische Grundgleichung. S. 53.

VII. Kap. Nöthige Formeln aus der Experimentalhydraulik. S. 65.

VIII. Kap. Einige Bemerkungen über die Theorie der Saugwerke. S. 81.

IX. Kap. Von der Kolbenfriction. S. 97.

X. Kap. Berechnung des Kunstgezeuges, welches durch eine Wassersäulenmaschine betrieben wurde. S. 113.

XI. Kap. Formeln zur Berechnung der einstiefligen Wassersäulenmaschinen. S. 125.

XII. Kap. Anwendung der Formeln zur Berechnung einer wirklich erbauten Wassersäulenmaschine. S. 157.

XIII.

Inhalt.

XIII. Kap. Betrachtungen über die berechnete Maschine. Seite 209.

XIV. Kap. Beurtheilung der zweystiefligen Wassersäulenmaschinen. S. 217.

XV. Kap. Ein Paar Worte über den doppelschlägigen Treibcylinder. S. 222.

XVI. Kap. Vorschläge zur Verbesserung der Wassersäulenmaschine. S. 224.

XVII. Kap. Eine neue Einrichtung des Windkessels. S. 240

XVIII. Kap. Entwurf einer Wassersäulenmaschine, die um die Hälfte vortheilhafter, als unsere besten oberschlägigen Kunsträder, an den hiesigen Kunstgezeugen wirken kann. S. 246.

XIX. Kap. Verbindung eines Wassergöpels mit einem Säulen-Kunstgezeug. S. 282.

XX. Kap. Einige Aussicht auf Wassersäulenmaschinen bey einem sehr geringen Gefälle. S. 289.

XXI. Kap. Urtheil über Gervinus neuerlich vorgeschlagenen hydraulische Winde und deren Anwendung zur Verbesserung der Wassersäulenmaschine. S. 293.

Erstes

Erstes Kapitel.

Vorläufige pragmatische Uebersicht der Maschine.

§. 1.

EA ist der sogenannte Wasser='oder Sammelkasten, den man von einer solchen Weite und Tiefe wenigstens vorrichten muß, daß er eine hinreichende Größe erhält, um das sämmtliche Aufschlagewasser, welches zur Betreibung der Maschine bestimmt ist, während ihres Ganges ununterbrochen an sich zu nehmen. Fig. 1.

Vermittelst der wasserdichten Röhrenleitung E G K L, sey dieses Wasser bereits, durch die Oeffnung in dem horizontalen Boden des Treibcylinders M N, unter dessen Kolben O getreten, den wir in seinem tiefsten Stande gezeichnet haben: so wird der noch ruhende Kolben einen aufwärts gerichteten Druck = a W γ Hb leiden; wenn γ das Gewicht eines Kubikfußes Wasser, W die Grundfläche des Kolbens, und a die Höhe B M zwischen jener Grundfläche und der Ebne des Wasserspiegels im Sammelkasten bedeutet; alles nach Längen= Quadrat= und Kubikfußen gemessen.

§. 2.

Alle diejenigen Theile der Maschine, welche durch den bewegten Treibkolben in Bewegung gesetzt werden, wollen wir in dieser Hinsicht die Kolbenmaschinerie nennen, und nachher genauer bestimmen.

Sey nun = P ℔ das Gewicht des Treibkolbens selbst, sammt seiner Kolbenstange PQ, nebst der übrigen gesammten Last und allem sonstigen Widerstande, mit welchem die Kolbenmaschinerie dem Steigen des Kolbens entgegen wirkt; so muß natürlich $a W \gamma > P$ seyn, wenn der Kolben irgend zu steigen anfangen soll.

§. 3.

Ein Theil des Ueberschusses $a W \gamma - P$ muß auf diejenigen Bewegungshindernisse verwandt werden, welche theils durch die Verengerungen in der Röhrenleitung, vom Spiegel des Sammelkastens an bis zum Kolben hin, theils durch die Friction des bewegten Wassers an den Röhrwänden, und theils auch durch die Krümmungen oder Biegungen des ganzen Röhrensystemes entstehen.

Heisse nun = R ℔ der Widerstand aller dieser hydraulischen Bewegungshindernisse in der eigentlichen Säulenmaschine; so bleibt nur noch $a W \gamma - P - R$ als die so genannte bewegende Kraft übrig, von welcher die sämmtlichen Massen der ganzen Maschine in Bewegung gesetzt werden müssen.

Da nicht nur R durchaus, nach allen seinen Theilen, mit zunehmender Geschwindigkeit des Treibkolbens immer größer und größer wird, und sogar dem Quadrate dieser Geschwindigkeit proportional wächst, sondern da überdies auch unter P noch einige solche Bewegungshindernisse mit vorkommen, die ebenfalls mit größerer Geschwindigkeit größer werden; die Beschleunigung der ganzen Maschine aber in dem Augenblicke aufhört, da $a W \gamma - P - R = o$ geworden ist: so wird man für eine solche Größe und Beschaffenheit dieser Ueberwucht zu sorgen haben, daß sie entweder in kurzer Zeit stark genug beschleunigen, oder bey schwächerer Beschleunigung dagegen lange genug vorhalten kann, um es dahin zu bringen, daß der Kolben, theils

durch

durch beschleunigte, theils durch gleichförmige Bewegung, in gehöriger Zeit durch den verlangten Hub wirklich steigt.

§. 4.

In dem Augenblicke, da der Treibkolben seinen höchsten Stand erreicht hat, muß vermittelst der so genannten Steuerung, in JK die Oeffnung JH verschlossen, und dagegen für das Wasser, welches so eben die Röhre KLM sammt dem Cylinder MN ausgefüllt hat, ein freier Abfluß durch das Steuerungsrohr JK eröffnet werden. Dabey aber wird auf irgend eine Weise auch dafür zu sorgen seyn, daß bloß das Wasser aus dem Treibcylinder, so weit der Kolben in ihm niedergeht, wirklich abfließe, die Röhre MLK aber wasservoll bleibe; welches nach der Zeichnung durch eine bis zu K hin aufsteigende Krümmung dieser Röhre geleistet wird.

§. 5.

Bey den Ungarischen Maschinen wird gerade mit dem steigenden Treibkolben auch das Schachtgestänge gehoben, an welchem die Zugstangen der Pumpsätze befestigt sind, und mit ihren ebenfalls steigenden Kolben in diesen Sätzen die Grundwasser anheben. Fig. 2.

Die Schachtstange wird nun allemahl, wo sie in eine beträchtliche Teufe hinabschiebt, und so lange sie zum größten Theil aus Holz verfertigt wird, wegen ihrer dabey nöthigen Stärke, eine solche Uebermucht in ihrem Niedergehen haben, daß sie mit einer übermäßigen Geschwindigkeit herab treiben, und die beträchtliche Kraft ihres herabsinkenden Gewichtes sich durch einen, nicht nur ganz unnützen, sondern auch sehr schädlichen Stoß auf die Maschinerie, verwirken würde; wenn sie nichts als den geringen Widerstand

der niedergehenden Pumpenkolben und des Steuerungsgeschirres zu überwinden hätte: daher es bey dieser Einrichtung der Ungarischen Maschinen allerdings sehr rathsam war, mit der Kolbenstange P Q eine Gegenwage (einen Balencier) R S zu verbinden, deren Gewichtslade S von dem niedersinkenden Schachtgestänge gehoben wird, und nachher, durch ihr Niedersinken, die lastvollere Steigung des Treibkolbens mit befördern hilft. Unter solchen Umständen wird man allerdings die Gegenwage, ob es gleich etwas Nebenmasse in ihr zu bewegen giebt, als ein kleineres Uebel dem größeren vorziehen müssen.

§. 6.

Die Ungarischen Wassersäulenmaschinen, so weit wir durch Poda und Delius sie kennen, haben sämmtlich nur einen Stiefel, oder hier so genannten Treibcylinder.

Fig. 1. Bey den Sächsischen einstiefligen, war die Kolbenstange P Q, die hier so genannte Stoßstange, durch Wellzapfen in den beyden horizontalen Balken der Hauptschwinge Q T geachset; so daß die steigende Stoßstange eine sehr beträchtliche Gewichtslade U zu heben hatte, und diese nachher, durch ihr Niedersinken, das sämmtliche Schachtgestänge T V anheben mußte.

Bey der zweystiefligen Sächsischen, war an jedem Arme der Hauptschwinge eine Schachtstange eingehängt. Indessen wollen wir aus guten Gründen, die ich in einem der letztern Kapitel anführen werde, auf die einstiefligen Maschinen uns einschränken.

§. 7.

Ist der Treibkolben in seinen tiefsten Stand zurück gekommen, so muß in eben dem Augenblicke auch die Steuerung in ihre erste Wendung zurückgehen, damit

damit der Kolben sogleich wieder, wie vorhin, in die Höhe getrieben werde.

Aus ökonomischen und andern Gründen, muß die Steuerung durch die Maschine selbst besorgt werden; und sie wird eine etwas künstliche Einrichtung allemahl nöthig haben, weil man dahin zu sehen hat, daß die Wendung des Hahnes äusserst schnell vor sich gehe. Wo nicht, so würde von dem Aufschlagwasser durch das Steuerungsgehäuse etwas abfließen, ohne zuvor durch Auftreibung des Kolbens genutzt zu haben. Man sieht leicht ein, daß dergleichen unnützes Durchfließen erfolgen würde, wenn irgend eine beträchtliche Zeit hindurch der Eingang in das Steuerungsrohr noch nicht völlig verschlossen, und sein Ausgang schon etwas geöffnet wäre.

Winterschmidt auf dem Harze, und Höll in Ungarn, haben für ihre Maschinen jeder acht verschiedne Arten der Steuerung versucht; woraus man abnehmen kann, daß sie selbst mit mehrern von ihren eignen Einrichtungen nicht sehr zufrieden waren. Beyde aber sind der Zahnensteuerung, oder wenn man lieber will, der Pipensteuerung treu geblieben, und haben nur mancherley in dem Zwischengeschirre geändert, wodurch die Wendungspipe in ihre plötzliche Drehung gesetzt wird.

Das einfachste unter diesen Steuerungsgeschirren, so weit sie bekannt geworden sind, dürfte der einfache Fallkloß von Höll seyn, den man am kürzesten aus Langsdorfs Handbuch der Mechanik kennen lernt. Weit zusammengesetzter ist Hölls erste Einrichtung mit dem Läufer und den Fallhämmern (nach Delius Anleitung zur Bergbaukunde, Tafel XVII,) ohne doch dieser künstlichen Einrichtung wegen, von der plötzlichen Erschütterung frey zu seyn, welches Winterschmidt als den Hauptvorzug seiner liebsten Ein-

richtung rühmt, die mir aber sehr zusammengesetzt scheint. Ich kann noch hinzufügen, daß unser Herr Berghauptmann von Charpentier jenen einfachen Fallklotz an einer Maschine in Schemnitz selbst beobachtet, und nichts an ihm auszusetzen gefunden hat. Die Erschütterung wurde durch ein sehr einfaches Mittel vermieden: man ließ den Fallklotz auf eine Vertiefung fallen, die mit Hobelspänen angefüllt war.

Man pflegt noch zwischen Pipen- und Hahnensteuerung zu unterscheiden; obgleich selbst auch von Hölls Wendungspipen, die doch durchaus diesen Namen führen, einige dem solideren Hahne ziemlich nahe kommen. Diejenige freylich, welche Delius beschreibt, macht nur eine cylindrische, ziemlich dünne Wand aus, die gehörig gelocht oder ausgeschnitten, und nur an ihrem einen Ende durch einen ebnen Boden verschlossen ist. Der Wendungshahn im engern Verstande, wie er schon bey der Guerickischen Luftpumpe vorkommt, ist dagegen ein solides Metallstück, worin für den Eingang, Durchgang und Ausgang des Wassers die gehörigen Röhren gebohrt sind.

§. 8.

Ihm ähnlich waren die Hahne, welche Mende, der bekannte Churfächsische Maschinendirector, bey seinen ersten Wassersäulenmaschinen anfangs versucht hatte. Er glaubte zu finden, daß sie bey etwas unreinem Wasser nicht genug vorhalten könnten. Es ist wahr, daß bey ihnen Metall auf Metall geht, und durch Sand leichte undicht gemacht wird. Aber der schädliche, etwas grobe Sand, müßte doch wohl schon in einem gehörig eingerichteten Sammelkasten, neben der Einfallsröhre zur Lagerung gebracht werden können; und das Hauptübel bestand vielleicht darin, daß der Hahn im Gusse ein so genanntes dichtes Viertel erhalten

ten hatte, wogegen die übrigen sich stärker abnutzten. Auch pflegte Mende an seinen Maschinen gern zu ändern.

§. 9.

Er führte die Kolbensteuerung ein. Sein Steuerungsrohr hat vier Löcher, A, A und B, B, deren Mittelpuncte in einer verticalen Ebne liegen, die derjenigen normal ist, welche für Fig. 1. die Zeichnungsebne ausmacht. Er hielt es nähmlich für gut, von G bis H hin das Röhrwerk zweyfach zu machen. Jede von den beyden dadurch entstehenden Röhren bringt, nach vielfacher Biegung und Krümmung, das einfallende Wasser in ein A, indem so eben der obere Steuerungskolben F hoch genug steht, um das Wasser durch A in das Steuerungsrohr eintreten zu lassen. Fig. 3.

Unter A, A, fließt es vereinigt nieder, bis zu den Löchern B, B, wo es wiederum in zwey andere Röhren tritt, die es ebenfalls mit mancher Biegung, bis zum Treibcylinder führen, unter dessen Boden beyde Röhren sich wiederum vereinigen.

Beym niedrigsten Stande der beyden Steuerungskolben F und M, sind durch den obern F, die beyden Löcher A, A verschlossen, und zwischen dem untern M und dem Steuerungsrohre findet dann das Wasser des Treibkolbens seinen Abfluß. Fig. 4.

§. 10.

Die Steuerungskolben werden freylig geliedert, und in Leder kann der Sand sich eindrücken, ohne sehr schädlich zu werden; auch kann eine neue Liederung ungleich leichter als eine Pipe von Metall hergestellt und eingepaßt werder; vielleicht auch, daß selbst die öftere Erneuerung des Gliedes nicht so viel kostet, als die seltnere eines Hahnes: aber auf die Weise we-

nigstens, wie die Mendensche Kolbensteuerung eingerichtet war, zeigt sie sogleich die üble Eigenschaft, daß das Wasser, indem es durch das horizontale Ende der Röhren bey A, A eingetreten ist, ungefähr 6 Zoll tief vertical im Steuerungsrohre sich niederbewegen, und dann aufs neue durch den Ausfluß bey B, B in horizontale Richtung sich bringen muß. Diese zweymahlige Biegung von 90 Grad erfordert einen Kraftaufwand, der bey einer gehörig geschwinden Aufsteigung des Kolbens nicht unbeträchtlich seyn würde.

§. 11.

Man kann die Wassersäulenmaschine abtheilen in ihr Fallwerk, Grundwerk und Treibwerk.

Fig. 1. Das Fallwerk besteht aus dem Sammelkasten AE, nebst der Fallröhre E E′ G. Die Einmündung der letztern tritt über den Boden des Sammelkastens etwas hinauf, damit der Sand und andre schwere Unreinigkeiten sich neben ihr lagern. Ihre Mündung müßte nicht nur, nach bekannten Regeln der Experimentalhydraulik, kegelförmig erweitert werden, um den Kraftverlust der Contraction zu vermindern, sondern es müßte auch noch dem obersten Rande der Einmündung eine horizontale Umfassung gegeben werden, weil in einer isolierten Einmündung, nach Borda's Versuchen, eine größere Contraction entsteht.

Im untern Theile der Fallröhre pflegt man einen Verschließungshahn F anzubringen, um die Wassersäule F A gänzlich abschützen zu können. Da der Hahn etwas conisch gemacht werden muß, so wird auf die größere Seitenwand seiner Lochung ein größerer horizontaler Seitendruck, als auf die hintere kleinere Gegenseite, aus der beträchtlichen Wassersäule A F entstehen. Daher kam es ohne allen Zweifel, daß der Hahn mit großer Gewalt herausgetrieben wurde, bis man durch eine unbequeme Zurichtung von vorne her,

her, ihn zurück hielt. Der Hahn gieng nämlich nicht durch die hintere Röhrwand hindurch; sonst wäre es ziemlich leicht gewesen, ihn durch eine äußere Scheibe hinter der Röhre, zu halten. Ihn ganz hindurch gehen zu lassen, dürfte auch aus dem Grunde rathsam seyn, weil man sonst nicht sehen kann, ob er in dem hintern Theile wasserdicht genug eingeschmirgelt sey.

§. 12.

Das Grundwerk besteht in dem ganzen Bodenstücke mit den so genannten Communicationsröhren GH, den Communicationscanälen KM, und dem Steuerungsrohre JK, oder statt dessen, dem Pipengehäuse. (Die Steuerungskolben selbst, oder an ihrer Statt der Wendungshahn oder die Wendungspipe, werden nebst dem Steuerungsgeschirre zum folgenden Treibwerke zu rechnen seyn.)

Communicationsröhren finde ich hier die Leitung vom Ende der Fallröhre in G bis zum Steuerungsrohre bey H hin, und dagegen Communicationscanäle die übrige Leitung vom Steuerungsrohre bis zum Treibcylinder hin genannt. Etwas kürzer werden wir GH die vordern, und KM die hintern Verbindungsröhren nennen.

Das Ende der vordern und der Anfang der hintern Verbindungsröhren sind in Mendens Maschinen um ein ziemliches über ihren übrigen söhligen Theilen erhoben, um das Steuerungsrohr zu erreichen, welches oberhalb dieser Sohle steht. Es war sehr natürlich, daß diese Einrichtung entstand, wenn Mende von dem sehr natürlichen Gedanken ausgieng, das ganze lastvolle Grundwerk auf einer söhligen Grundlage fest zu stellen. Die eben erwähnte Erhöhung der Löcher B und B hat auch die gute Folge, daß beym niedergehenden Treibkolben von dem Wasser unter ihm nur so viel abfließen kann, als von ihm herausgedrückt Fig.

wird, und der übrige Raum im Stiefel unter ihm und in den ganzen hinteren Verbindungsröhren immerfort voll Wasser bleibt. Indessen wird doch eben dieses auch durch eine andere Einrichtung zu erhalten seyn, die weniger Krümmung, weniger Auf- und Absteigen in dem Wasserlaufe verursacht.

Zertheilt wurden von Mende die Verbindungsröhren, entweder um mit einem engeren Steuerungsrohre, wegen seiner geringeren Kosten und seiner geringeren Kolbenfriction, auszureichen; oder aus der Besorgniß, daß sich weitere Oeffnungen nicht schnell genug verschließen möchten; oder auch aus der Absicht, daß die Steuerungskolben nicht bloß von einer Seite gedrückt werden, sondern durch zweyseitigen Gegendruck ihre Frictionen geringer ausfallen möchten. Aber auch alle diese Gründe zusammen genommen dürften nicht trifftig genug seyn, um die Zertheilung des Wasserlaufes zu rechtfertigen.

§. 13.

Zum Grundwerke wird man auch noch den durchlochten Boden des Treibcylinders zu rechnen haben, der dann durch Aufsetzung einer cylindrischen Röhre gebildet wird, die vermittelst ihres angegossnen Fußes mit jenem Boden durch Schrauben sich verbinden läßt.

Das Loch des Bodens hatte bey der ersten Mendenschen Maschine nur $3\frac{1}{6}$ Zoll, gleich der Fallröhre, im Durchmesser, und der Treibcylinder nahe an 14 Zoll!

Bey einer andern hatte der Cylinder zwey Fuß im Durchmesser, und des Loches Durchschnitt war ein Rechteck, höchstens 8 Zoll lang und $2\frac{1}{3}$ Zoll breit!

Bey einer dritten, zweystiefligen, hatte Er die Ausmündung der hintern Verbindungsröhren sogar absichtlich verengt, um durch die größere Geschwindigkeit des durch-

durchfließenden Wassers seine Wirkung auf den Kolben zu verstärken!

Diese Maschinen wurden vor mehr als 20 Jahren schon erbaut; und durch die neueren Erweiterungen der hydraulischen Lehren werden wir allerdings noch deutlicher, als durch die damahls schon bekannten, davon überzeugt, daß dergleichen Einrichtungen schädlich und zweckwidrig waren. In der Folge werden wir den Kraftverlust, der dadurch entstehen mußte, bey der ersten Maschine wenigstens näher betrachten, und dann finden, daß er selbst bey dieser gar nicht unbeträchtlich war. Die Ungarischen Maschinen scheinen, so viel man aus ihren Zeichnungen bey Poda und Delius abnehmen kann, auch in dieser Hinsicht besser eingerichtet zu seyn.

§. 14.

Zum **Treibwerke** gehört der Treibcylinder sammt seinem Kolben und dessen Kolbenstange, nebst der damit verbundenen durch ihn zu bewegenden Maschinerie, die ich in der Kürze schon die Kolbenmaschinerie genannt habe. Sie besteht aus dem Steuerungsgeschirre, und der etwanigen Gegenwage R S, Fig. 1, oder der etwanigen Hauptschwinge Q T, Fig. 2, sammt allem übrigen, was durch den bewegten Treibkolben bis zur Schachtstange des Pumpenwerkes hin, in Bewegung zu setzen ist, und dessen Betreibung die eigentliche Absicht der Säulenmaschine ausmacht; indem wir uns hier auf den Fall einschränken, daß gerade ein Pumpenwerk soll betrieben werden. Dieses gehört nun freylich nicht mehr zu der Wassersäulenmaschine an sich betrachtet; daher man wünschen möchte, davon unabhängig die Säulenmaschine für sich zu behandeln. Indessen wird sich zeigen, daß diese Absonderung nicht gut möglich ist, sondern die Bewegung in der Säulenmaschine selbst, und wie viel Kraft aus ihr für das Pumpen-

Fig. 1. Fig. 2.

penwerk entstehe, nicht gut bestimmt werden kann, ohne das Trägheitsmoment der sämmtlichen zu bewegen Massen, folglich auch der Massen des Pumpenwerkes, mit in Anschlag zu bringen.

Zweytes Kapitel.

Literatur der Maschine und ihre Erfinder.

§. 15.

In Frankreich hatten schon im Jahr 1731, Denisard und de la Duaille eine Maschine erbaut, die zu den Wassersäulenmaschinen allerdings gehört, da ein Quellwasser, indem man es durch eine Fallröhre von 9 Fuß Tiefe niedergehen ließ, zur Betreibung eines Kolbens benutzt wurde, der ungefähr den zwanzigsten Theil dieses Wassers auf 32 Fuß höher trieb, als die Quelle selbst lag. In dem übrigen ziemlich vielfachen Röhrwerke kamen zwey Ventile vor, die vermittelst eines zweyarmigen Hebels, den die Maschine selbst in Bewegung setzte, abwechselnd geöffnet und verschlossen wurden. Sie ist in Recueil des machines approuvées par l'Acad. Roy. des sciences, Tom. V. pag. 159. und eben so auch in der Architecture hydraulique par Belidor Tom. II. Livre IV. §. 1787. sq. beschrieben.

Belidor selbst aber hat, a. a. O. §. 1156. eine ungleich nettere Maschine für denselben Zweck angegeben. Auch bey ihr sollte durch die Wassersäule das Fallwasser im Kolben bewegt, und schon eine einzige, recht gut eingerichtete plötzliche Hahnensteuerung dazu benutzt werden.

Da hier der Druck einer Wassersäule zur Betreibung eines Kolbens, und vermittelst einer Hahnen-

steuerung angewandt wird, so kommen allerdings bey diesem Entwurfe schon drey Stücke vor, welche zu den Hauptbestandtheilen der Maschine gehören, die wir im vorigen Kapitel schlechthin die Wassersäulenmaschine vorläufig genannt haben. Indessen ist diese letztere übrigens von jenen französischen, und selbst auch von der Belidorischen, nicht nur in ihrer Einrichtung, sondern auch in ihrer Wirkung, so beträchtlich verschieden, daß man sie im Ganzen genommen, für eine andere Maschine anerkennen muß, und sie — — nach Höll entweder, wie es jetzt gewöhnlich ist, oder richtiger vielleicht — — nach Winterschmidt zu benennen hat.

§. 16.

Winterschmidt, Braunschweigischer Artillerie-Major, und **von Heynitz**, damahls ebenfalls in Braunschweigischen Diensten, wurden nach Schweden geschickt, um **Polhems** so genannte Siphonsmaschine, von der er bey seiner Bereisung des Harzes gesprochen hatte, in Betrachtung zu nehmen. Sie fanden nur ein Modell davon vor, welches durch Queckſilber betrieben wurde; und **Winterschmidt** äußerte seinem Reisegefährten, daß die Maschine im Großen schwerlich brauchbar seyn dürfte, ihr Anblick aber ihn veranlaßt habe, eine andere Maschine zu entwerfen, die dann bald nachher auf dem Harze wirklich erbaut wurde, und von denen, die Höll nachher in Ungarn vorgerichtet, auch ohne Zweifel ebenfalls selbst erfunden hat, im wesentlichen nicht verschieden ist.

Etwas überladen und unbequem eingerichtet scheint freylich die Winterschmidtsche Maschine, nach der Zeichnung zu urtheilen, gewesen zu seyn; und dieses war auch wohl der Grund, weshalb man sie in der Folge wiederum abgeworfen hat. Es ist gewiß genug, daß er die Maschine nach dem schon vorhandenen

Raume

Raume der älteren Kunstgezeuge, eilfertig einrichten mußte, wodurch dann manche unbequeme Stellung und vieles Zwischengeschirr entstand.

Unserm Hern Oberberghauptmann von Trebra habe ich diese Nachrichten zu verdanken, welche für die erste Erfindung dieser Maschine entscheidend seyn dürften; besonders wenn ich noch, am Ende dieses Buches, auch das Jahr jener Reise nach Schweden u. s. w. werde anführen können.

In Calvörs Nachricht vom Maschinenwesen des Oberharzes, Th. I. S. 159 bis 190, ist 1763 abgedruckt:

Abhandlung von der Winterschmidtschen Wassersäulenmaschine ꝛc. von ihrem Erfinder, 1761.

Sie ist mancher practischen Bemerkungen wegen zur Nachlesung zu empfehlen. Auf ihre Theorie aber habe ich nicht Zeit genug verwenden mögen, um es mir ganz deutlich zu machen, weshalb sie mir undeutlich sey.

§. 17.

Kurzgefaßte Beschreibung der bey dem Bergbau zu Schemnitz in Nieder-Hungarn errichteten Maschinen ꝛc. von Poda, Prag 1771. giebt von den damals durch Höll erbauten 9 Wassersäulenmaschinen bloß einige Abbildungen und einige Maaße an; die uns in Ermangelung anderer Nachrichten immerhin willkommen seyn müssen, freylich aber viel zu fragen übrig lassen, sobald man mit einiger Genauigkeit über diese merkwürdigen Maschinen zu rechnen wünscht.

§. 18.

Die eine von diesen neuen Maschinen findet man etwas umständlicher von Delius behandelt, in seiner Anleitung zu der Bergbaukunst, Wien 1773.

Nament-

Namentlich der dortige §. 593. scheint mir recht gute Urtheile über diejenigen Umstände zu enthalten, unter welchen solche Wassersäulenmaschinen bisher schon sehr nützlich geworden sind; (durch gehörige Abänderung der Maschine dürfte ihre Anstelligkeit sich vielleicht sehr erweitern lassen).

In der dort vorangeschickten Theorie aber scheinen mir nur wenige Sätze etwas richtig ausgedrückt, und die meisten völlig unstatthaft zu seyn. Ich halte es für Pflicht, dergleichen gerade heraus zu sagen, da dieses, in so vieler Hinsicht äußerst lehrreiche Buch, in vielen Händen ist, solche anscheinend leichte Theorie aber die meisten Leser zu finden pflegt, und doch in vielen Irthum führen muß.

§. 19.

Die genaueste und richtigste bisher bekannt gewordene Theorie dieser Wassersäulenmaschine hat man dem Hrn. Rath Langsdorf zu verdanken.

1) Schon in seiner neuen Theorie hydrodynamischer nnd pyrometrischer Grundlehren 1787, hat er sie behandelt: aber erst späterhin erhielt die Hydraulik einen beträchtlichen Zuwachs, namentlich durch Bossuts Bemühungen um die Experimentalhydraulik, die in Deutschland zuerst durch Langsdorf selbst verbreitet wurden, und auch auf die Theorie jener Wassersäulenmaschinen einen beträchtlichen Einfluß hatten. Er zeigte daher

2) in seinem Lehrbuche der Hydraulik, Th. I. 1794. auch selbst zuerst es an, daß man die vorhin von ihm gegebnen Formeln für diese Maschine fernerhin nicht beybehalten könne, und stellte nunmehr eine andere vollständigere Theorie auf.

3) In seinem Handbuche der Maschinenlehre 1797. Band I. Seite 267 — 269. werden auch einige Formeln dafür aufgeführt.

4) Sei-

4) Seine neueste Behandlung dieser Maschine findet man in seinen Grundlehren der mechanischen Wissenschaften, Erlangen 1802. Kap. 15.

§. 20.

In dem Bergmännischen Journal, Jahrgang VI. Freyberg 1794, herausgegeben vom Hrn. Oberbergamtssecretair Köhler und Hrn. Inspector Hoffmann, befindet sich eine Theorie der Wassersäulenmaschine, vom Hrn. Professor Lempe, die aber in ihren Hauptgleichungen mit der ersten Langsdorfischen sehr übereinstimmt.

Bey Vergleichung zwischen den Effecten einer Wassersäulenmaschine und eines oberschlägigen Wasserrades ist in Hinsicht auf die dazu verbrauchten Aufschlagewasser nicht die gehörige Rücksicht auf die große Verschiedenheit ihrer beyderseitigen Gefälle genommen, sondern bloß die gleichzeitige Menge derselben in Anschlag gebracht.

Bey Seite 384. werden die Dimensionen und Effecte von mehrern in Ungarn, und einigen in Sachsen erbauten Wassersäulenmaschinen auf zwey Tabellen mitgetheilt. Solche tabellarische Uebersicht dürfte für jeden, der mit diesen Maschinen sich zu befassen hat, sehr beachtungswerth seyn: nur muß ich bemerken, daß die Aufschlagewasser, welche für die Sächsischen Maschinen angegeben sind, und die Anzahl der Hübe, auch die Förderungshöhe und Menge der Hubwasser, nicht für sie einpassen, sondern alle diese Angaben ohne Zweifel für die Ungarischen Maschinen auf der ersten Seite hingehören, und die dortigen auf der ersten Seite abgedruckten, dagegen für die Sächsischen Maschinen auf der letzten Seite bestimmt gewesen sind; aber auch nach dieser Versetzung die Aufschlagewasser und Hubzahlen noch nicht zutreffen.

Aus

Aus andern hieher gehörigen Arbeiten meines verewigten Vorgängers bin ich gewiß geworden, daß er sich, wie es bey seinen überhäuften Geschäften leicht geschehen konnte, hierin übereilt hat. Bey der Maschine auf der drey Weiber Fundgrube, konnten die Aufschlagewasser nicht $12\frac{7}{8}$, sondern nur $7\frac{8}{10}$ Kubikfuß in der Minute betragen. Die Anzahl der Kolbenspiele war $2\frac{1}{7}$, und auf jeden Hub von 22 Secunden folgte ein Niedergang von 6 Secunden, in welchem die Maschine kein Wasser an sich nehmen konnte.

Bey der Maschine auf Vater Abraham sind in beyderley Angaben ebenfalls, mir ausgemacht, beträchtliche Versehen vorgefallen, und mir wahrscheinlich konnte bey ihr die Menge der geförderten Hubwasser, statt $3\frac{2}{5}$, aufs höchste nur $2\frac{2}{5}$ Kubikfuß etwa betragen; und auch dieses nicht gut!

Schon aus diesen Gründen werden freylich meine Resultate über diese Wassersäulenmaschinen sehr viel anders ausfallen müssen, als man a. a. O. sie vorfindet.

§. 21.

Der Herr Geheime Oberbaurath Eytelwein hat uns mit einem Handbuche der Mechanik fester Körper und der Hydraulik, Berlin 1801, beschenkt, das ich wegen seiner lichtvollen, gründlich durchdachten und wohl gehaltenen Darstellung, allemahl mit Vergnügen in die Hand nehme. Das 19te Kapitel enthält eine kurze vorläufige Einleitung in die Theorie der Wassersäulenmaschine; die weitere Ausführung aber ist für die Maschinenlehre dieses Mathematikers verschoben, der ich überhaupt mit dem größten Verlangen entgegen sehe.

Hiemit denke ich, meine Vorgänger in Behandlung der Winterschmidtschen Wassersäulenmaschine

schinen sämmtlich aufgeführt zu haben. Nach Winterschmidt ist sie meines Erachtens zu benennen; indessen wird es von nun an genug seyn, den kürzern Ausdruck Säulenmaschine in der Folge dieses Buches zu gebrauchen, wo wir schon wissen, von welcher unter den mehrern Arten von Wassersäulenmaschinen die Rede ist.

Drittes Kapitel.

Eigenthümliche Nutzbarkeit der Säulenmaschine.

§. 22.

Namentlich bey dem Bergbaue pflegt der Fall häufig vorzukommen, daß nur wenige Aufschlagewasser, aber mit einem großen Gefälle zur Benutzung dargebothen werden; und dafür wird die hier behandelte Säulenmaschine allen übrigen schon erdachten Maschinen ausgemacht gewiß, und allen noch erdenkbaren äußerst wahrscheinlich, zur Betreibung der Pumpwerke vorzuziehen seyn. Selbst das Segnerische Wasserrad, bey welchem überdies von einem so gar großen Gefälle nicht gut die Rede seyn dürfte, verlangt einen stärkeren Zufluß der Aufschlagewasser, wenn es mit Sicherheit in gutem Gange bleiben soll. (Langsdorfs Lehrbuch der Hydraulik, §. 394. Seite 377.) Ich füge in Beziehung auf den Bergbau noch hinzu, daß es immerhin auch eine ziemlich geräumige Radstube erfordern würde, und daß es ebenfalls, wie andere Räder, eine kreisende Bewegung erzeugt, die dann nicht ohne ziemlichen Kraftverlust in den geradelinigen Wechselzug kann verändert werden, wie er zur Betreibung der Pumpen erfordert wird.

§. 23.

§. 23.

Bey der Säulenmaschine ist eine solche Umänderung der Bewegung gar nicht nöthig, wo sie zur Betreibung der Pumpen gebraucht wird. Oft genug wird man vielmehr die Kunstsätze dergestalt unter dem Treibkolben anbringen können, daß die Schachtstange mit ihren Zugstangen der Pumpenkolben, unmittelbar an der Kolbenstange des Treibcylinders angeschlossen, und mit ihr in gleicher Höhe und Geschwindigkeit gehoben wird. Dann ist doch wohl die Bewegung der Pumpenkolben auf eine so trefflich einfache Weise bewerkstelligt, daß man in dieser Hinsicht an dem Ziele seiner Wünsche steht!

§. 24.

Gesetzt indessen, daß man durch diesen oder jenen Umstand sich genöthigt sieht, zu irgend einem Zwischengeschirre zu greifen; so wird doch für die bereits vorhandene geradelinige Bewegung, welche der Treibkolben darbietet, keine anderweitige Umänderung erforderlich seyn, als daß man sie auf die etwa verlangte Entfernung fortzupflanzen, und in die verlangte Richtung und Geschwindigkeit zu versetzen hat. Nicht aber hat man, noch einmal gesagt, es nöthig, eine kreisende Bewegung in eine geradelinige zu verändern; (und ich vermuthe doch, daß sich namentlich für die so gewöhnlichen Krummzapfen, nebst ihren Korbstangen, wenn man sie genauer untersucht, als es bisher geschehen ist, ein großer Kraftverlust ergeben wird.)

§. 25.

Hiebey setze ich freylich voraus, daß die Säulenmaschine gerade nur zur Betreibung der Pumpwerke bey dem Bergbaue angewandt werde. Soll sie dagegen auch zur Förderung der Erze oder anderer Massen, das heißt, zu ihrer Aufziehung in den Schachten

gebraucht werden; so wird sie nicht in eben dem Maaße vortheilhaft wirken können, weil ja nun ihre geradelinige Wechselbewegung in eine kreisende umzuändern ist. Einrichtungen zu diesem Behufe würden sich freylich angeben, und dergestalt angeben lassen, daß dabey nicht mehrere Kraft verloren gienge, als bey den Rädern, wenn sie zur Betreibung der Pumpen gebraucht werden: aber man muß nicht einerley Maschine zu allerley Wirkungen gebrauchen wollen! Soll durch wenig Wasser mit großem Gefälle eine Förderungsmaschine bewegt werden; so wird es das rathsamste seyn, durch den beträchtlichen Stoß des Wassers, wenn es aus der hohen Fallröhre sich ausmündet, ein horizontales Rad umzutreiben, wodurch ein solches Säulen-Radgezeug entsteht, als man im Salzburgischen schon seit mehrern Jahren mit gutem Erfolge gebraucht.

§. 26.

Die Kosten einer Säulenmaschine werden, wegen des vielen Metalles, was dazu nöthig ist, etwas beträchtlich ausfallen. Aber sie ist auch in ihren meisten Theilen — ich möchte fast sagen — auf ewige Zeiten vorhaltend, in Vergleichung mit dem wandelbaren Holze der großen Wasserräder!

§. 27.

Der Raum, welchen die Fallröhre der Säulenmaschine einnimmt, ist so äußerst geringe, daß er fast in jedem Schachte sich von selbst darbietet. Auch der Raum für das Grund- und Treibwerk wird mit geringen Kosten zu gewinnen seyn.

Eben daraus folgt sogleich, daß es wenig Schwierigkeiten hat, die Maschine aus einem Schachte in einen andern zu versetzen.

§. 28.

§. 28.

Das größte Gefälle bey den Ungarischen Säulenmaschinen beträgt an 53 Freyberger Lachter, = 371 Leipziger Fuß; und wurde vortheilhaft für sie benutzt. Das kleinste für die bisher erbauten Maschinen dieser Art, war $16\frac{1}{8}$ Lachter = 113 Leipziger Fuß, bey der zweyten einstiefligen im hiesigen Erzgebirge bey Marienberg.

Nun denke man sich, daß man ein Gefälle von 113 bis 370 Fuß, wie es für eine Säulenmaschine sehr erwünscht ist, an ihrer Statt zu oberschlägigen Rädern verbrauchen wolle! Was für übermäßige Kosten würden die vielen Radstuben für 20- bis 24ellige Räder erfordern, und welche Menge von Massen würden an diesen Rädern allein schon zu verbauen, und in Bewegung zu setzen seyn!

Ueberdies aber ist ja die Wassermenge, welche zur Betreibung einer Säulenmaschine nur erfordert wird, so äußerst unbeträchtlich, daß man gar nicht einmahl auf den Gedanken kommen kann, mit so wenigem Wasser irgend ein oberschlägiges Rad, geschweige denn ein mittelschlägiges oder dergl. auf die gewöhnliche Weise, vermittelst seines wasserhaltenden Bogens betreiben zu wollen. Die Wirkung des Rades müßte so äußerst klein eingerichtet werden, daß sie für die Betreibung eines Kunstgezeuges geradezu ins Unschickliche fiele.

§. 29.

Wenn wir gleichwohl den Effect der Säulenmaschine gerade mit dem Effecte eines guten oberschlägigen Rades in Vergleichung bringen werden, so geschieht dieses hauptsächlich aus folgenden Gründen.

Die größten und wichtigsten Maschinen bey dem Bergbaue sind die so genannten Kunstgezeuge, die

Pumpwerke zur Hebung der Grubenwasser; unter den Wasserrädern aber wodurch man sie zu betreiben pflegt, wirkt das oberschlägige bey weiten am vortheilhaftesten: daher es für jede andere hydraulische Maschine, die man zu ähnlichem Behufe anstellen will, am natürlichsten ist, in Absicht ihrer vortheilhaften Wirksamkeit, sie gerade mit dem oberschlägigen Rade zu vergleichen.

Da sich ferner in der Folge, durch genaue Betrachtung der Säulenmaschine ergeben wird, daß bey ihr, wenn sie den hydraulischen Regeln gemäß angelegt ist, nur äußerst wenig Kraft für Friction und sonstiges Bewegungshinderniß verloren geht; so wird man, auch wo zu oberschlägigen Rädern hinreichendes Wasser, und zugleich, ihrer mehrere unter einander zu hängen, hinreichendes Gefälle vorhanden ist, dennoch zu der Frage veranlaßt seyn, ob man nicht an ihrer Statt zu einer Säulenmaschine greifen solle, um weniger Wasser für denselben Effect zu verbrauchen, und das übrige zu anderweitiger Benutzung zu ersparen!

§. 30.

In der Folge werden sich noch mehrere eigenthümliche Vortheile der Säulenmaschine ergeben, wenn wir erst eine abgeänderte Einrichtung derselben vorgelegt haben: und insbesondere wird dann auch folgende Betrachtung in Erwägung kommen.

Bey dem Bergbaue ist es sehr gewöhnlich, daß man mit dem vorhandenen Aufschlagewasser nicht nur ein Kunstrad, oder auch wohl ihrer mehrere, zur Betreibung der Pumpwerke, sondern auch ein Kehrrad zur Förderung zu betreiben hat. Dieses geschieht dann

1) entweder so, daß man das sämmtliche Aufschlagewasser unzertheilt beysammen hält, und nur sein Gefälle

fälle für das Kehrrad und die Kunsträder, welche dann sämmtlich unter einander hängen müssen, vertheilt; oder

2) man läßt nur einen Theil des Aufschlagewassers auf das Kehrrad, und das übrige ebenfalls unmittelbar, auf die Kunsträder schlagen.

Das erste ist bey weiten das gewöhnlichste, weil bey dem Bergbaue weit öfter ein großes Gefälle, als eine große Menge der Aufschlagewasser dargebothen wird.

Nun ergeht natürlich auch an die Säulenmaschine die Frage, ob man auch bey ihrer Anstellung, mit dem vorhandenen Aufschlagewasser ausser dem Pumpenwerke zugleich eine Förderungsmaschine betreiben könne? Allerdings scheint dieses bey der gewöhnlichen Einrichtung der Säulenmaschine seine Schwierigkeit zu haben. In der Folge aber, wenn wir die Wirkung der bisherigen erst gehörig betrachtet haben, werde ich eine Abänderung vorschlagen, die schon in vieler andern Hinsicht rathsam ist, und überdies auch den Vortheil hat, daß sich das erwähnte Bedürfniß vermittelst dieser Maschine noch weit ökonomischer, als es bey den Rädern gewöhnlich der Fall ist, befriedigen läßt.

In mehrern Gruben giebt es nähmlich nur kurze Zeiten hiedurch etwas zu fördern; da hingegen die Kunstgezeuge zur Haltung der Grundwasser immerfort im Gange bleiben müssen.

Hat man es nun mit Rädern zu thun, so muß im obigen 1ten Falle, der doch bey weiten der gewöhnlichste ist, das Gefälle des Kehrrades schlechterdings unbenutzt bleiben, so lange es nichts zu fördern giebt. Man läßt es während dieser Zeit durch Lotten neben dem Kehrrade ungebraucht herabfallen.

In dem zweyten Falle des zertheilten Aufschlagewassers, wird man denjenigen Theil der für das Kehrrad bestimmt ist, in seiner obern Sohle zu anderweitigem Gebrauche freylich vorbey fließen lassen, wenn eine Abführungsrösche in dieser Sohle schon vorhanden ist. Ist dergleichen aber nicht, für einen andern Theil der Aufschlagewasser, welcher ununterbrochen darin weiter fließt, schon vorhanden; so dürfte auch nur selten Gelegenheit seyn, jenes nur von Zeit zu Zeit hier entübrigte Wasser, anderweitig sogleich zu benutzen, und es daher nichts helfen können, eine eigne Rösche dafür anzulegen. In diesem Falle pflegt man nun freylich, so lange es nichts zu fördern giebt, das Aufschlagewasser des Kehrrades mit auf das Kunstgezeug fallen zu lassen, um dessen Wirkung zu vergrösfern. Diese Vergrößerung wird aber dem mehreren Aufschlagewasser nicht proportional seyn, sondern der vermehrte Aufschlag immer nur unvollkommen benutzt werden. Nur in dem äußerst seltenen Falle, wenn man mit zertheilter Menge der Aufschlagewasser, zwey oder noch mehrere Kunsträder, nicht unter einander, sondern neben einander zu betreiben hätte, würde die Entfernung von dem Maximo der vortheilhaftesten Geschwindigkeit nur geringe seyn, und daher nur wenig Kraftverlust verursachen.

Die Wassersäulenmaschine wird sich dagegen so einrichten lassen, daß man bald das sämmtliche für sie bestimmte Wasser bloß zur Betreibung ihrer Pumpwerke, bald aber einen Theil desselben für die Förderungsmaschine benutzen kann, und in keinem Falle irgend ein Theil, weder von der Menge noch von dem Gefälle des Aufschlagewassers unbenutzt bleibt, oder nur unvortheilhaft benutzt wird.

§. 31.

Anmerkung. Keinesweges habe ich durch meine Aeußerung in §. 24. dem Gebrauche des Krummzapfens den

Krieg

Krieg erklären wollen. In Hinsicht auf die Pumpwerke ist es eine ganz vortrefliche Eigenschaft desselben, daß er nicht gleichförmig wirkt, sondern mit einer äußerst sanften Stätigkeit, in der ganzen ersten Hälfte des Kolbenzuges denselben beschleunigt, und in der letzten Hälfte eben so allmählig ihn wiederum verzögert. Die Ungleichförmigkeit in der Bewegung des Rades aber, welche daraus entstehen kann, läßt sich schon durch zweyseitige Krummzapfen ziemlich, und durch ihre beyderseitige Verdoppelung so gut als völlig verhüten. Der unmittelbare Kraftverlust des Krummzapfens ist zum Theil in seiner Absicht selbst begründet; da seine Warze, indem sie einen Kreis beschreibt, zwey geradelinige Züge von entgegengesetzter Richtung bewirken soll. Bey andern Zurichtungen, die man zu demselben Behufe vorzuschlagen pflegt, muß man ja darauf achten, ob nicht dieser Kraftverlust bey ihnen ebenfalls vorkomme, und gleichwohl jene vortrefliche Eigenschaft der allmähligen Beschleunigung und Verzögerung ihnen fehle!

Ueber die Größe des Kraftverlustes bey dem Krummzapfen bin ich noch nicht aufs reine. Die gewöhnliche Regel für die Wirkung desselben, ist so gut als gar nicht erwiesen. Eine vollständige, sichere Theorie des Krummzapfens ist ohne Zweifel eine der schwierigsten Aufgaben der höhern Mechanik, heißt es in **Baaders Theorie der Saug- und Hebepumpen**, Seite 162.

Langsdorf hat sie, in seinen **Grundlehren der mechan. Wissenschaft** auf eine neue Weise behandelt, die mich veranlaßte, auf einem andern Wege darüber nachzudenken. Es schien mir wohl, daß ich zum Ziele gelangen würde, als ich anderer Arbeiten wegen abbrechen mußte. Seit ich in dem Bücherverzeichniß der letzten Ostermesse, von dem Hrn. Rath Langsdorf eine neue Untersuchung darüber angezeigt weiß, wünsche ich natürlich, ehe ich die meinige wiederum vornehme, die seinige zu lesen, und diese habe ich bis jetzt (im Julius) noch nicht erhalten.

Viertes Kapitel.

Von den Graden der Wirksamkeit.

§. 32.

Wenn wir uns, wie es zum gegenwärtigen Behufe nur nöthig ist, zweyerley Maschinen denken, ein oberschlägiges Wasserrad, und eine Wassersäulenmaschine, die beyde ihre Kraft von Aufschlagewassern erhalten, und beyde zum Effecte haben, daß durch ein mit ihnen verbundenes Pumpenwerk, die Grubenwasser gehoben werden: so wird die Größe der beyderseitig verbrauchten Kräfte in einem Verhältnisse stehen, welches aus dem Verhältnisse der Menge ihrer Aufschlagewasser in einerley Zeit, wozu wir mit den Praktikern die Minute wählen, und aus dem Verhältnisse ihrer beyderseitigen Gefälle zusammengesetzt ist.

Eben so wird auch das Verhältniß ihrer geleisteten Effecte aus dem Verhältnisse der aufgeförderten Grubenwasser, und dem Verhältnisse der beyden Höhen, auf welche sie gehoben werden, zusammen gesetzt seyn.

Wenn daher $'M$ und $''M$ die Menge der Aufschlagewasser bey den beyden Maschinen, und $'h$ nebst $''h$ die Höhen der beyden Gefälle bedeuten, welche von beyden Maschinen verbraucht werden; so werden die beyderseitigen Kraftwerthe sich verhalten, wie $'M\,'h : ''M\,''h$.

Denn es ist ja sehr einleuchtend, daß bey $'h = ''h$ die beyden Kraftwerthe sich wie ihre Wassermengen, $'M : ''M$ verhalten müssen; und ebenfalls einleuchtend, daß bey $'M = ''M$, sich die Werthe beyder Kräfte, wie ihre Gefälle $'h$ und $''h$ verhalten müssen. Aus diesen beyden Sätzen aber wird jene Zusammensetzung nach sehr bekannten arithmetischen Lehren gefolgert.

§. 33.

§. 33.

Gerade eben so ergiebt sich auch, daß sich die beyderseitigen Effecte verhalten, wie $'M\,'h : ''M\,''h$; wenn man durch die beyden M die beyderseitigen Mengen der aufgeförderten Hubwasser, und durch die beyden h ihre Förderungshöhen angiebt.

Sollte man für die Producte M h und M h einen noch vollständigeren Namen verlangen, so dürften sie Bewegungsgrößen, nach Euler zu nennen seyn; M h die Bewegungsgröße der Kraft, und M h die Bewegungsgröße der Last. (Daniel Bernoulli nennt M h die absolute Kraft; etwas undeutlich.) Indessen wird es bequemer seyn M h den Kraftwerth, und M h allenfalls schlechthin den Effect zu nennen.

§. 34.

Da nun ferner die Wirkungsart einer Maschine desto vortheilhafter ist, je größer der durch sie geleistete Effect in Hinsicht auf die Kraft, welche von ihr verbraucht wird, ausfällt, oder mit andern Worten: da die zweckmäßige Wirksamkeit bey zweyen Maschinen, die Größe ihrer Nutzbarkeit, aus dem geraden Verhältniß ihrer Effecte und dem umgekehrten Verhältnisse der dazu verbrauchten Kraftwerthe zusammengesetzt ist; so wird bey den beyden Maschinen nicht nur das Verhältniß ihrer Wirksamkeit durch das Verhältniß der Exponenten $\frac{'M\,'h}{'M\,'h} : \frac{''M\,''h}{''M\,''h}$ bestimmt: sondern da es überdies auch einleuchtet, daß der höchste irgend erdenkbare Grad der Nutzbarkeit bey jeder Maschine in dem Verhältnisse der Gleichheit zwischen Kraftwerth und Effect bestehen müßte; so wird auch jede einzelne Maschine der hier berührten Art, in Beziehung auf diesen höchsten idealischen Grad der Nutzbarkeit können gewürdigt werden vermittelst des Bruches $\frac{M\,h}{M\,h}$, dessen

dessen Zähler das Product aus der gehobenen Wassermenge in einer Minute, und aus der Höhe, worauf sie gehoben ist, — und dessen Nenner das Product aus der gleichzeitig verbrauchten Menge des Aufschlagewassers und seines Gefälles ausmacht.

Dieser Bruch wird daher auch für jede Maschine einzeln genommen, ein gewisses Maaß ihrer Wirksamkeit ausmachen, welches man ganz schicklich den Grad ihrer Nutzbarkeit, ihrer zweckmäßigen Wirkung, oder noch kürzer ihren **Wirkungsgrad** nennen, und am bequemsten durch Decimalbrüche ausdrücken kann.

§. 35.

Gesetzt bey einer Maschine sey ihr $\frac{M\,h}{M\,h} = \frac{20.\,30}{10.\,80}$ $= \frac{3}{4} = 0,75$, so ist $\frac{3}{4}$ oder $\frac{75}{100}$ ihr Wirkungsgrad; und man weiß aus der Angabe desselben, daß bey dieser Maschine gerade ein Viertel von dem bey ihr verbrauchten Kraftwerthe, durch Nebenlast, durch Friction und sonstiges Beewgungshinderniß verlohren geht.

Bey einer andern Maschine sey ihr $\frac{M\,h}{M\,h} = \frac{2}{5} = 0,40$; so ist ihr Wirkungsgrad nur $\frac{40}{100}$; also um $\frac{35}{100}$ geringer als bey der vorigen. Bey dieser letzten Maschine werden schon $\frac{3}{5}$ ihres Kraftwerthes durch Nebenhindernisse verschluckt, ohne für den beabsichtigten Effect benutzt zu werden.

Auch ist es sehr einleuchtend, daß sich die Nutzbarkeit dieser beyden Maschinen, wie 75 : 40 verhält, also die erste $\frac{75}{40}$ mahl vorzüglicher wirkt, als die letzte.

§. 36.

Alle diese Schätzungen sind nun sicherlich sehr einleuchtend, und keiner weitern Abänderung unterworfen; so lange man es bey dem Gefälle der Aufschlagewasser schlecht-

schlechthin mit einem seigeren Gefälle, und bey der Höhe der aufgeförderten Wasser ebenfalls mit einer seigeren Höhe *) zu thun hat, in welcher das Wasser auf dem möglich kürzesten Wege gehoben wird.

Wenn aber das Gefälle des Aufschlagewassers mit solchen Umständen verbunden ist, daß während seines Fallens schon Kraft verloren geht; wenn z. B. das Aufschlagewasser zwar ein = M h an Menge und Gefälle in der Minute ausmacht, aber dabey so viel Schrägheit und Biegung seines Weges an sich hat, daß es zur Besiegung der dadurch entstehenden Bewegungshindernisse schon einen Theil des Kraftwerthes M h, der = M q heissen mag, verwenden muß: so wird man etwa nur M (h — q) statt M h für seinen Kraftwerth anzusetzen haben? Bisweilen allerdings; bisweilen aber auch nicht: und das wird für jeden einzelnen Fall ziemlich leicht sich beurtheilen lassen aus der Absicht, für welche man schätzt.

§. 37.

Gesetzt, man wolle die Nutzbarkeit zweyer Maschinen vergleichen, von denen für die eine ihr Aufschlagewasser 'M mit dem Gefälle 'h unter solchen Umständen dargebothen wird, daß von dem 'M 'h schon M' q' auf dem Wege der Aufschlagewasser selbst verlohren geht; für die andere Maschine aber würde ein völlig unvermindertes "M "h verwandt: so würde jener ersten Maschine Unrecht geschehen, wenn man das volle 'M 'h als ihren Kraftwerth anrechnen wollte: sondern man würde in diesem Falle allerdings nur 'M ('h — 'q) dafür ansetzen müssen.

Wenn

*) In strenger mathematischer Sprache ist seigere Höhe oder Tiefe freylich ein Pleonasmus. Aber in der Sprache des Bergbaues pflegt man die Teufen (Tiefen) in seigere und flache abzutheilen. Unter den letztern versteht man schräg hinabgehende Längen, die man besser freylich schräge Tiefen nennen sollte.

Wenn dagegen der Kraftaufwand 'M 'q gerade nur bey der einen Maschine, ihrer eigenthümlichen Einrichtung wegen nöthig wird, und dagegen nicht eintreten würde, wenn man eine Maschine der andern Art vorrichten wollte: so wird man allerdings jener Maschine selbst es zuzuschreiben haben, daß jener Kraftverlust bey ihr vorfällt, und man wird daher das volle 'M 'h als den von ihr verbrauchten Kraftwerth aufführen müssen.

§. 38.

Weniger Unterscheidung wird man für einen ähnlichen Kraftverlust nöthig haben, wenn er bey dem Effecte selbst vorfällt. Wenn die Hubwasser durch einen schrägen oder gekrümmten Weg gehoben werden müssen, und deshalb dieser Effect auf ein 'M ('h + 'q) zu schätzen wäre, indeß er bey einem seigeren, also auch geradem Wege der Hubwasser, nur = 'M 'h ausmachen würde; so wird man meistentheils auch 'M ('h + 'q) für den Effect der Maschine anzurechen haben, weil doch diese Schwierigkeit in der Hebung der Wasser bey jeder andern Maschine ebenfalls vorkommen würde.

Aeltere Mathematiker, und namentlich die Hydrauliker, konnten sich über die Schätzung der Kräfte und Effecte mehrerer Maschinen kürzer ausdrücken, weil man damahls nicht so sorgfältig, als es jetzt zum Besten der Praxis geschieht, auf die Bewegungshinderniße Rücksicht nahm.

Im folgenden Kapitel wollen wir mehrere wirklich erbaute Wassersäulenmaschinen den obigen Gründen gemäß zu schätzen suchen.

Fünftes Kapitel.

Wirkungsgrad eines vorzüglich guten oberschlägigen Kunstgezeuges und mehrerer wirklich erbauten Säulenmaschinen.

§. 39.

Der Hr. Prof. Lempe und der Hr. Oberkunstmeister Baldauf haben an zweyen vorzüglich gut gebauten oberschlägigen Kunstgezeugen beobachtet und berechnet, daß bey einem 20elligen Rade mit 200 Kubikfuß Aufschlagewasser in der Minute, auf 40 Lachter = 280 Leipziger Fuß hoch, $12\frac{1}{3}$ Kubikfuß Hubwasser in eben der Zeit gefördert wurden; wenn die Gezeuge in der besten Wirkung waren.

Die Grundwasser, welche auf den verschiedenen Gezeugstrecken zuflossen, wurden zu drey verschiednen Mahlen kubisch (unmittelbar) gemessen, und aus den drey Messungen die mittlern Grössen genommen. Die respectiven Höhen ihrer Hebung wurden ebenfalls in Anschlag gebracht, und ich habe alle Ursach zu glauben, daß alles sehr zuverlässig beobachtet, und die obige Regel auf 200 Kubikfuß Aufschlagewasser und 40 Lachter Förderungshöhe, richtig daraus gefolgert ist.

§. 40.

Die Sätze aber, das heißt, die unter einander stehenden Pumpen mit ihren Kolben- und Saugröhren, hatten eine beträchtlich schräge Lage, eine so genannte Donlege von 44 Graden; das heißt, sie wichen um so viel Grade von der Horizontalfläche ab, also um 46 Grad von der seigern Lage.

In

In dieser Hinsicht dürfte man für den beobachteten Effect um ein ziemliches mehr als $12\frac{1}{3}.280$ eigentlich anzurechnen haben. Da indessen das Wieviel herauszufinden, eine umständliche Betrachtung erfordern würde; so wollen wir nur im Ganzen auf diesen Umstand am Ende wiederum Rücksicht nehmen.

§. 41.

Als verbrauchten Kraftwerth der Aufschlagewasser erhalten wir das Product 200. 42, wenn wir für den nöthigen Spielraum ober- und unterhalb dem 20elligen, also 40fußigen Rade, noch 2 Fuß annehmen.

Dadurch ergiebt sich für dieses oberschlägige Kunstgezeug der Wirkungsgrad $\frac{12\frac{1}{3}.280}{200.42} = 0,411$; daß also nahe an 0,6 von dem verbrauchten Kraftwerthe auf Nebenlast und Friction und sonstige Bewegungshinderniße des oberschlägigen Rades und des übrigen Kunstgezeuges verwandt wurden.

Das ist allerdings sehr viel; und macht es wahrscheinlich, daß diese Maschinen noch einer beträchtlichen Verbesserung fähig sind. Gleichwohl ist es äußerst wenig Kraftverlust in Vergleichung mit demjenigen, den man bey andern solchen Maschinen vorfindet, ehe Mende sie verbessert hatte. Ich wenigstens habe auch anderwärts noch keine eben so gut eingerichteten, wie jene hiesigen vorgefunden, vermuthe aber sehr, daß namentlich unter Langsdorf und Baader schon bessere erbaut sind.

§. 42.

Von Mende waren im Marienberger Revier drey Wassersäulenmaschinen erbaut; die erste auf der drey Weiber Fundgrube, die zweyte auf Vater Abraham, und die dritte auf Herzog Karl. *)

Nur

*) Noch eine vierte hatte Mende, und früher schon, etwa 1768, auf dem Siegfried bey Brdunsdorf erbaut. Sie soll ziem-

Nur die letztere war zweystieflig, und würde als die einzige bisher versuchte zweystieflige einer besondern Aufmerksamkeit werth seyn; wenn nicht ihr Hub zu groß wäre angelegt worden. Selbst in den wasserreichsten Zeiten wurde während dem Steigen des einen Treibkolbens, nicht nur der Sammelkasten gänzlich ausgeleert, sondern selbst auch in der Fallröhre pflegte das Wasser beträchtlich einzusinken. Dadurch mußte der Effect ganz ungemein vermindert, und auf eine Art vermindert werden, die man durchaus vermeiden muß und leicht vermeiden kann.

§. 43.

Als der Hr. Prof. Lempe die Maschine beobachtete, konnte sie nur noch sehr unvollkommen angelassen werden. Nach einer ältern Beobachtung hat sie in jeder Minute $3\frac{1}{2}$ Kubikfuß, etwa $38\frac{1}{2}$ Lachter $= 269\frac{1}{2}$ Fuß hoch gefördert, und dazu $39\frac{2}{5}$ Kubf. an Aufschlagewasser verbraucht.

Ihre Einfallsröhren hatten ein Gefälle von $17\frac{1}{4}$ Lachter $= 120\frac{3}{4}$ Fuß (bey einer schrägen Länge von $128\frac{5}{8}$ Fuß). Nehmen wir nun an, daß längs dem Grundwerke und sammt der nöthigen Abzugsrösche unter demselben, noch etwa $2\frac{1}{4}$ Fuß Gefälle verbraucht wurden; so war das sämmtliche von ihr verbrauchte Gefälle $= 123$ Fuß:

also ihr Wirkungsgrad $= \frac{3{,}5 \cdot 269{,}5}{39{,}4 \cdot 123} = 0{,}195$; daß also mehr als $\frac{4}{5}$ der Kraft verloren gieng, und ihr Effect noch nicht einmahl dem 5ten Theile des verbrauchten Kraftwerthes gleich kam!

§. 44.

ziemlich lange dort sehr nützlich gewesen seyn: ich habe aber bis jetzt zu wenig von ihrer Einrichtung erfahren, als daß ich fernerhin ihrer hier zu erwähnen hätte.

§. 44.

Unter den beyden einstiefligen wähle ich die erste, auf den drey Weibern, weil sie meiner Einsicht nach bey weiten am besten eingerichtet war, auch die Data, welche ich aus ihrer Beobachtung aufgezeichnet finde, am besten unter einander zustimmen. Ihre Aufschlagewasser sind offenbar eben so unrichtig angegeben (§. 20), wie bey den übrigen beyden. Da ich aber nach mancherley Versuchen, mit völliger Gewißheit gefunden habe, auf welche Weise sie berechnet (nicht unmittelbar gemessen) waren; so haben wir Recht, sie durch neue Rechnung zu bestimmen.

§. 45.

Da der Treibcylinder 13 Zoll $10\frac{1}{3}$ Strich = 1,1551 Fuß im Durchmesser hatte, und die Hubhöhe in ihm = 3,5 Fuß war; so konnte bey dem Hube der Cylinder nur 3,6678 Kubikfuß Wasser in sich aufnehmen.

Da ferner der Aufgang des Kolbens 22 Secunden, der Niedergang 6 Secunden dauerte, und bey dieser Angabe versichert wird, daß die Zwischenzeit ganz unmerklich gewesen sey; so wurden $2\frac{1}{7}$ Kolbenspiele in der Minute vollendet.

Folglich erhalten wir $2\frac{1}{7}$. 3,6678 = 7,8595 Kubikfuß Aufschlagewasser für die Minute; vorausgesetzt, daß die Kolben in dem Steuerungsrohre und in dem Treibcylinder kein Wasser neben sich durchließen, wie es bey guter Liederung in der That nicht geschah.

(Bey abgenutzter Liederung soll zwischen $\frac{1}{6}$ und $\frac{1}{5}$ des Aufschlagewassers, und zwar hauptsächlich durch den Treibkolben getreten seyn. Das ist etwas viel für eine verticale Kolbenröhre, und eine offenbare Folge von dem Umstande, daß bey dem Kolbenspiele, seine Stange aus der vertikalen Lage hin und her weichen,

und

und er selbst dadurch in schiefer Richtung, bey seinem Niedergehen unmittelbar, bey seinem Aufsteigen durch Rückwirkung gedrückt werden mußte!)

Ferner wurde, ebenfalls nur durch berechnete Messung gefunden, daß binnen einer Minute, 3,3 Kubikfuß Hubwasser auf eine seigere Höhe von beynahe $23\frac{1}{4}$ Lachter = 162 Fuß gefördert wurden.

Die Höhe des Fallwerkes war 133,3 Fuß. Noch etwa 2,7 Fuß wegen des Gefälles längs dem Grundwerke dazu gerechnet; war das verbrauchte Gefälle = 135 Fuß.

Also der Wirkungsgrad $= \frac{3,3.\ 162}{7,86.\ 135} = 0,51$; der aber nach §. 49, auf = 0,44 noch herabzusetzen seyn wird.

§. 46.

Unter den Ungarischen Maschinen, die **Poda** beschrieben hat, will ich zuvörderst die auf dem Pirochslaufe, **Poda**, Seite 71, wählen, weil sie unter allen das höchste Gefälle, und ein völlig seigeres Fallwerk hatte, also bey übrigens gleich guter Einrichtung (und sie war ja schon die sechste, welche Höll erbaute) den höchsten Wirkungsgrad erreichen konnte.

„Ihre senkrechten Einfallsröhren sind $51\frac{1}{2}$ Lachter hoch." An Aufschlagewassern wurden für einen Hub erfordert 4 Eimer $13\frac{1}{2}$ Seidel, das ist $= 4 + \frac{13,5}{60}$ = 4,225 Eimer.

Da wir das sämmtliche verbrauchte Gefälle, die Höhe des Grundwerkes dazu genommen, immerhin auf 51,8 Lachter rechnen können: so war der Kraftwerth = 4,225. 51,8 = 218,855 nach Lachtern und Eimern gemessen.

Die Kolbenröhren in den 4 Kunstsätzen, die einander zuheben, waren sämmtlich 10zöllig. Der Hub war 6 Fuß hoch, und bey einem Hube wurden 2,5 Eimer Grundwasser ausgegossen. Da die Höhe ihrer Förderung 46 Lachter betrug; so war die Bewegungsgröße der Hubwasser $= 2,5 . 46 = 115$: also nach diesen Angaben

$$\text{der Wirkungsgrad} = \frac{115}{218,855} = 0,52$$

§. 47.

Aber die Angaben selbst scheinen mir einigen Bedenklichkeiten unterworfen zu seyn, wovon ich hier nur diejenigen berühren will, welche die Menge der Hubwasser betreffen.

Das dortige Seidel ist am Inhalte völlig einem Cylinder gleich, der bey 1 Fuß Höhe gerade 2 Zoll im Durchmesser hat. Wenn wir uns daher den Hub in den Pumpen als einen Cylinder berechnen, der 6 Fuß Höhe und 10 Zoll im Durchmesser hat; so muß er $= 6.25$ Seidel $= 150$ Seidel $= 2$ Eimer 30 Seidel halten.

§. 48.

Gerade so viel giebt Poda an; woraus erhellet, daß er die Hubwasser nicht etwa durch reine Erfahrung, sondern aus den angeführten Abmessungen des Kolbenhubes durch Rechnung bestimmt hat: und diese Methode ist trüglich aus folgenden Gründen.

I. Hat man es mit so genannten niedrigen, daß heißt, mit solchen Sätzen zu thun, in denen das Wasser hauptsächlich vermittelst Saugröhren in die Höhe gebracht, oberhalb des Kolbens aber keine beträchtliche Wassersäule gehoben wird; so wird man meistens die Saugröhren zu hoch und zu eng, und den Kolbenhub, andrer triftigen Ursachen wegen zu schnell eingerichtet finden,

als

als daß der äußere Atmosphären-Druck den Raum, welchen der Kolben durchsteigt, eben so schnell mit Wasser sollte ausfüllen können; obgleich beym Anfange des Hubes das Wasser schon, wie wir hier annehmen, durch vorhergegangenes Kolbenspiel und Angießen, genau bis an den Kolben reicht.

Jener Zwischenraum zwischen dem vorangehenden Kolben und dem langsamer nachfolgenden Saugwasser mag nun

1) luftleer seyn, wie er es einige Augenblicke hindurch, die bald früher bald später eintreten können, wirklich seyn wird; oder es mag

2) etwas Luft, die sich aus dem Wasser unter ihm entwickelt, bereits in ihm aufgestiegen seyn;

so wird in jedem Fall ein gänzlich voller Hub nicht Statt finden können.

Denn ist der Raum nach 1), sey es auch nur eine kurze Zeit hindurch, luftleer; so müßte das Kolbenventil mit einer ungewöhnlichen, die Kolbenliederung aber mit einer übermäßigen Genauigkeit schließen, wenn nicht während dieser Zeit durch den beträchtlichen Druck, welchen nebst der Wassersäule über dem Kolben die ganze Atmosphäre über ihr ausübt, hie und da neben der Liederung und durch das Ventil, in diesen Raum hinein von dem oberen Wasser wiederum etwas sollte herab gedrückt werden.

Noch übler ist es, wenn 2) dieser Raum etwas Luft enthält. Denn da ihre Elasticität in diesem Raume, über einer hoch gesogenen Wassersäule, nur sehr geringe seyn kann: so wird dem eben erwähnten Drucke, der von oben her Wasser in diesen Raum zurück zu treiben strebt, nur äußerst wenig Widerstand geleistet werden, und daher jenes Zurücktreiben aus dem vorigen

Grunde immerhin noch vor sich gehen. Dazu aber kommt nun noch, daß auch sehr wenige Luft, die aus dem Unterwasser in diesen Raum hinaufsteigt, eine beträchtliche Ausdehnung eben deshalb einnimmt, weil der Ueberschuß zwischen der Druckhöhe der Atmosphäre und der bereits von ihr gehobenen und zu bewegenden Wasserhöhe, das einzige ist, was der Elasticität jener entwickelten Luft entgegen wirkt, dieser Ueberschuß aber nur sehr geringe ist. Eben hieraus erhellet nun ferner, daß die Beschleunigung des Saugwassers, die durch diesen geringen Ueberschuß bewirkt werden muß, schon durch eine geringe Elasticität jener entwickelten Luft gar sehr vermindert werden kann.

Nach diesen Betrachtungen scheint es für die Theorie der Pumpen nöthig zu seyn, daß man zweckmäßige Versuche über die Luftmenge anstelle, welche bey gewöhnlicher Temperatur aus ziemlich hohen Saugsäulen entwickelt wird. Ich habe mir bereits zwey verschiedene Arten von Versuchen dazu entworfen, die ich, sobald es mir möglich ist, ausführen, und nach Befinden mittheilen werde.

In jenem Zwischenraume, der bald gar keine, bald nur eine sehr verdünnte Luft enthält, werden

3) auch bey der gewöhnlichen Temperatur in den Gruben sich Wasserdämpfe erzeugen.

Es ist möglich, daß auch durch sie der volle Hub in den Saugröhren vermindert wird.

Auch hierüber sind neue Versuche nöthig, und zugleich über die Wirkung der Queckſilberdämpfe in der Torricellischen Leere!

Bey den Wassersäulenmaschinen, welche Poda beschreibt, sind nun allerdings wohl so genannte mittlere oder hohe Sätze gebraucht, bey denen der größte Theil der Wassersäule, welche durch sie gehoben wird, über dem Kolben steht, und die Saugröhre gewöhnlich nicht so gar hoch gemacht wird: daher der volle Hub,

aus dem eben berührten Grunde des mangelhaften Ansaugens, bey ihnen freylich nicht verhindert wird. Indessen wird bey diesen hohen Sätzen

II) ein anderer Grund zu eben dieser Verhinderung eintreten. Mag immerhin der Atmosphärendruck auf das Unterwasser im Satzkästchen bey diesen Sätzen hinreichend seyn, um die ganze Saughöhe unter dem Kolben immerfort voll Wasser erhalten zu können; so wird doch in den kleinen Lücken der Anschließung, welche im Kolbenventile und zwischen der Kolbenliederung und der Kolbenröhre vorkommen, die Druckhöhe D', womit das Oberwasser niederwärts gedrückt wird, bey weiten größer seyn, als die Höhe D des Druckes, welchen in eben diesen Lücken das untere Wasser nach aufwärts hin ausübt. Denn

sey = a die Höhe des Atmosphärendruckes auf den Spiegel des Unterwassers im Satzkästchen,

= h die Höhe des Saugewassers, von eben diesem Spiegel an bis zur untersten Fläche des Kolbens

= o die Höhe des Kraftaufwandes, welchen die örtliche Geschwindigkeitsvermehrung nebst der Contraction beym Eintritte des Unterwassers in die Saugröhre erfordern, auch

= f die Widerstandshöhe der Friction in der Saugröhre, ferner

= v die Höhe des Kraftaufwandes, welchen die örtliche Geschwindigkeitsvermehrung nebst der Contraction im Stöckel (im Saugventile), sammt der Hebung der Ventilklappe erfordern, endlich

= u die Krafthöhe, welche für die örtliche Geschwindigkeitsvermehrung nebst der Contraction erfordert wird, falls von dem Wasser unter

dem Kolben etwas durch die genannten kleinen Lücken am Kolben wirklich aufwärts gepreßt werden sollte; so haben wir nun

$$D = a - h - o - f - v - u.$$

Dagegen ist $D' = a' + h' - u'$,
wenn a′ die Druckhöhe der Atmosphäre auf den Wasserspiegel in der Aufsatzröhre bedeutet; h′ die Höhe der Wassersäule in ihr bis zum Kolben herab, und u′ die Krafthöhe, welche für die örtliche Geschwindigkeitsvermehrung und Contraction in den Lücken des Kolbens, erfordert würde, falls durch diese Lücken hindurch Wasser von oben her niederwärts soll durchgetrieben werden.

Ein o′ und v′ kommen hier nicht vor; auch ist es nicht der Mühe werth, eines f′ zu erwähnen.

Bedenken wir nun, daß a′ wenigstens kleiner als a niemahls werden kann; h′ aber bey hohen Säzzen meistens sehr beträchtlich größer als h ist; und daß h′ bejaht, h aber verneint in seine Gleichung kommt; der etwanige Unterschied zwischen u′ und u bald so bald anders ausfallen kann, und überhaupt gegen die vorigen Glieder wenig sagen will: so ist leicht abzusehen, daß D′ um ein beträchtliches größer als D ausfallen wird; und daher das Oberwasser mit ungemeiner Stärke niederwärts durch die genannten Lücken getrieben wird.

III. Schon von vorne her ist es einzusehen, daß der Hub, wenn er im obersten Satze gerade 6 Fuß hoch war, auch in den untersten Sätzen eben so hoch nicht seyn konnte: weil ja das lange Schachtgestänge, wenn es gehoben wird, sich dehnt, und wenn es wieder nieder geht, zum Theil sich weniger dehnt, zum Theil sogar zusammengedrückt wird, und seine Verschlüsse dabey verschieden und entgegengesetzt nachgeben.

Bey einer sehr genauen Zusammenfügung des Gestänges dürfte freylich dieser dritte Ausfall nicht so gar viel zu bedeuten haben. Wenn es 50 bis 100 Lachter in die Tiefe setzt, so will man die Verkürzung des Hubes in den untersten Sätzen nur 1 bis 2 Zoll groß beobachtet haben: vorausgesetzt, daß es noch niemahls während des Ganges gebrochen ist. Bey einem solchen Bruche aber pflegt doch meistens, aller Sperrhaken ungeachtet, eine gewaltige Erschütterung und Dehnung in den herabschießenden Theilen zu erfolgen, wodurch selbst auch seine Schlösser (die gekrümmten Verbindungen der Schachtstangen) und noch mehr seine übrigen Zusammenfügungen sehr gelockert werden.

§. 49.

Auch **Langsdorf**, ein erfahrner Practiker, will den angegebnen Hubwassern bey **Poda** nicht trauen, und sie, vermuthlich aus ähnlichen Gründen, um ihr Fünftel reducirt wissen. (Grundlehren der mechanischen Wissenschaften, Kap. 15, §. 123).

Wollen wir diese Reduction uns erlauben; so wird der Wirkungsgrad in §. 45, auf = 0,41 herabgebracht; und so hat die höchste Ungarische Säulenmaschine gerade eben so vortheilhaft, und vortheilhafter nicht, als **Mendens** oberschlägiges Kunstgezeug gewirkt.

§. 50.

Gesetzt auch, daß wir hiemit etwas zu stark reducirt hätten, — aus den äußerst wenigen Angaben über die dortigen Pumpwerke läßt sich darüber nicht entscheiden —; so ist doch auch noch zu bedencken

1) daß jenes oberschlägige Kunstgezeug durch sehr flache (schräge) Sätze fördern mußte, die hier betrachtete Säulenmaschine aber in ihrem Pumpwerke den Vortheil einer völlig seigeren Förderung hatte!

2) Auch die Menge der Auffchlagewaſſer iſt von Poda, wie man leicht abnehmen kann, durch Rechnung gefunden, nach welcher es allerdings 4 Eimer $13\frac{3}{10}$ Seidel nur betragen würde; vorausgeſetzt, daß durch den Kolben des Treibcylinders und bey der Steuerungspipe gar nichts an Waſſer verloren gieng. Indeſſen kann gar wohl bey den Ungariſchen Maſchinen dieſer Verluſt äußerſt unbeträchtlich ſeyn, weil ihr Treibkolben völlig der Axe parallel getrieben wird.

§. 51.

Bey der vorhin berechneten Sächſiſchen Maſchine (§. 43) iſt es ebenfalls aus Gründen, die wir im 9ten Kapitel genauer beybringen werden, ſehr unwahrſcheinlich, daß ihre Pumpſätze voll gehoben haben ſollten. Sollten wir ihre vorhin angegebenen Hubwaſſer ebenfalls um ihr Fünftel zu reduciren haben; ſo würde der obige Wirkungsgrad 0,51 auf = 0,41 herabkommen.

Oder wollen wir nur um ein Sechstel reduciren; ſo iſt der Wirkungsgrad = 0,44 bey der Sächſiſchen, und = 0,42 bey der obigen Ungariſchen.

§. 52.

Ich wähle ferner die 8te von Poda beſchriebene Maſchine, um bey ihr zu zeigen, wie man die Bewegungsgröße der Hubwaſſer zu ſchätzen hat, wenn dieſe nicht ſämmtlich aus dem Tiefſten gehoben werden, ſondern auf verſchiedenen Gezeugſtrecken (in Ungarn ſo genannten Läufen) zufließen. Daß dergleichen bey der eben erwähnten achten Maſchine Statt gefunden habe, erhellet aus der verſchiedenen Weite der Kolbenröhren in ihren Sätzen.

Einrichtung der Sätze	Höhe des Satzes	Durchmesser des Kolbenrohres
1ter Satz, vom Erbstollen bis Carlslauf	12 Lacht.	10 Zoll
2 = = = Carlslauf bis zum dritten	12 =	$9\frac{1}{2}$ =
3 = = = dritten bis zum vierten Lauf	10 =	9 =
4 = = = vierten bis zum fünften Lauf	$9\frac{1}{2}$ =	$8\frac{1}{2}$ =
5 = = = fünften Lauf bis zum Sumpfe	$5\frac{1}{2}$ =	8 =

Wird nun die Höhe des Hubes nach Poda (ohne auf die Verminderung nach No. III. §. 48 zu achten) in jedem Satze auf 6 Fuß gesetzt, und alles nach Lachtern und Eimern gemessen; so war die Bewegungsgröße der Hubwasser

im 1ten Satze $= 12. \frac{6.5^2}{60} = 30$

= 2 = = $= 12. \frac{6.4{,}75^2}{60} = 27{,}70$

= 3 = = $= 10. \frac{6.4{,}5^2}{60} = 20{,}25$

= 4 = = $= 9{,}5. \frac{6.4{,}25^2}{60} = 17{,}16$

= 5 = = $= 5{,}5. \frac{6.4^2}{60} = 8{,}8$

also $= 103{,}28$ die Bewegungsgröße der sämmtlichen Hubwasser bey einem Hube.

Nach Podas Angabe, Seite 74 und 76, wurden dazu an Aufschlagewasser, 4 Eimer $13\frac{1}{2}$ Seidel $=$ 4,225 Eimer mit einem Gefälle von 50 Lachtern verbraucht.

Demnach war der Kraftwerth $= 4{,}225 . 50 = 212{,}25$;

und der Wirkungsgrad $= \frac{103{,}28}{212{,}25} = 0{,}49$

Besonders die beyden ersten Sätze müssen schon ganz beträchtliche Aufsatzröhren gehabt haben. Bey hohen Aufsatzröhren aber muß der Niederdrang des

Wassers

Wassers nach §. 48. No. II. sehr beträchtlich seyn, besonders da die Kolben, nach Poda Seite 34, nicht über dem Sturz geliedert waren. Wenn wir deshalb, wie ich sehr vermuthe, berechtigt sind, den bisher angerechneten vollen Hub wenigstens um sein 6tel zu reduciren: so kommt der Wirkungsgrad auf = 0,42 herab, und so hat auch diese Säulenmaschine nur so vortheilhaft, als das oben aufgeführte Mendensche oberschlägige Kunstgezeug gewirkt.

Zwar sagt Poda, daß die Einfallsröhren schief sind. Da er aber ihre Länge hier nicht, wie anderwärts, besonders aufführt, so wird wohl die Schrägheit nicht beträchtlich gewesen seyn. Ueberdies aber habe ich in dieser Hinsicht schon das Gefälle nur auf 50 Lachter geradezu angerechnet, ohne für seinen Zuwachs längs dem Grundwerke einige Fuß hinzuzufügen: und mit ein Paar Fuß Gefälle läßt viel Schrächheits- und auch Biegungswiderstand sich bestreiten.

Noch fügt Poda, Seite 75 am Ende hinzu:

„Das Grubenwasser wird 49 Lachter gehoben, die „Maschine aber ist vermögend die nähmliche Menge „Wasser auf 70 Lachter zu heben."

Aber die erste Behauptung schließt etwas unrichtiges in sich. Denn obgleich die sämtlichen Sätze zusammen genommen eine Teufe von 49 Lachtern durchsetzen; so erhellet ja aus den verschiedenen Durchmessern der Kolbenröhren, daß bey weiten nicht alles Wasser aus dem Tiefsten gehoben wurde.

Die zweyte Versicherung ist völlig unstatthaft, und kann nur aus einer sehr unzulänglichen und übereilten, so genannten Theorie entstanden seyn.

§. 53.

Bey den zwey Maschinen auf dem Sigismundi Schachte kommt eine seyn sollende Erfahrung vor, die

mir

mir so auffallend ist, daß ich diese beyden Maschinen noch ausführlich der obigen Schätzungsmethode unterwerfen muß.

Beyde haben einerley Hubhöhe zu $5\frac{1}{2}$ Fuß, und nach Seite 66 und 67 bey Poda, auch beyde einen 8zolligen Cylinder, womit auch Seite 68 übereinstimmt, daß für einen Hub erfordert werden

1 Eimer 28 Seidel = 88 Seidel = 1,4666 Eimer Aufschlagewasser.

Die Sätze waren für beyde einerley, und „auch ihre Wirkungen gleich." Wenn sie voll hoben, so wurden bey jedem Hube von ihnen $49\frac{1}{4}$ Seidel ausgegossen, und die Höhe der 5 Sätze war zusammen genommen = 66 Lachter.

Gleichwohl haben bey der zweyten Maschine (ohne allen Zweifel der untersten) die Fallröhren nur 23 Lachter Gefälle, und dagegen 34 Lachter bey der ersten! Mit dem Unterschiede freylich, daß sie bey der unteren seiger sind, bey der oberen aber so schräg liegen, daß auf die 34 Lachter seigere Höhe, ihre Länge 90 Lachter beträgt.

Solche Erfahrungen müßten nun abschrecken, bey großer Schräge der Einfallsröhren ähnliche Maschinen anzulegen! Wenn wir indessen nach einer ziemlich zuverlässigen Theorie überschlagen, wie viel die Schrägheit schaden könne, auch Krümmung noch dazu gerechnet; so wird es uns von vorne her gewiß genug, daß die angegebne Erfahrung schlechterdings nicht Statt gefunden haben kann, sondern irgend ein beträchtliches Versehen dabey vorgefallen seyn muß. Bey welcher von den beyden Maschinen? — Das wird sich vermuthlich schon durch die obige Schätzungsmethode ergeben müssen.

Die

Die Einrichtung der Sätze bey beyden Maschinen war folgende. Die Höhen ihrer Sätze, von oben herab gezählt, waren (Poda Seite 67.)

13; 17; 8; 14; 14 Lachter,

und 6; $5\frac{1}{2}$; 5; $4\frac{1}{2}$; 4 Zoll die Durchmesser ihrer Kolbenröhren.

Also waren nach angegebnem $5\frac{1}{2}$fußigen Hube, die Bewegungsgrößen der Hubwasser, nach Lachtern und Eimern gemessen,

im 1ten Satze, $= 13.\ 5{,}5.\ 6^2.\frac{1}{2^2.60} = 10{,}72$

= 2 = = $= 17.\ 5{,}5.\ 5{,}5^2.\frac{1}{240} = 11{,}785$

= 3 = = $= 8.\ = 5^2.\ = = 4{,}587$

= 4 = = $= 14.\ = 4{,}5^2.\ = = 6{,}497$

= 5 = = $= 14.\ = 4^2.\ = = 5{,}133$

und daher $= 38{,}722$

die Bewegungsgröße der sämmtlichen Hubwasser.

§. 54.

Nun war bey der obersten Maschine, wenn wir für das Gefälle längs dem Grundwerke 1 halbes Ungarisches Lachter, = 3 dortige Fuß hinzurechnen, der Kraftwerth $= 1{,}4666.\ 34{,}5 = 50{,}598$; also ihr Wirkungsgrad $= \frac{38{,}722}{50{,}598} = 0{,}75.$ welches allenfalls glaublich ist, und nach Wahrscheinlichkeit um $\frac{1}{6}$ reducirt, auf $= 0{,}64$ herabkommen würde.

Aber bey der untern Maschine war die Bewegungsgröße der Kraft, selbst auch ein ganz unwirksames halbes Lachter längs dem Grundwerke dazu gerechnet, nur $= 1{,}4666.\ 23{,}5 = 34{,}46$; also geringer als die Bewegungsgröße der geförderten Last $= 38{,}72$: eine Behauptung die geradezu unmöglich ist!

Aller-

Allerdings ist nun aus Poda, Seite 69 am Ende, wohl abzunehmen, daß im vorhergehenden für die untere Maschine, der Treibcylinder und die daraus von ihm berechneten Auffschlagewasser unrichtig angegeben sind. Wenn wir seine zuletzt eingeflossene Angabe, daß dieser Cylinder 9zollig gewesen sey, gelten lassen, und dem gemäß die Auffschlagewasser um $\frac{8}{6}\frac{1}{4}$ mal größer anrechnen; so ergiebt sich die Bewegungsgröße der Kraft = 43,62.

§. 55.

Dadurch wäre nun die Maschine in das Reich der Möglichkeiten zwar zurück gebracht; denn ihr Wirkungsgrad wäre $= \frac{38,72}{43,62} = 0,87$. Aber wenn er auch um sein Sechstel reducirt, und dadurch auf = 0,73 zurückgebracht wird; so kann man sich doch nicht der Frage erwähren, woher es kam, daß diese Maschine, die vierte welche Höll erbaute, ungeachtet ihres niedrigen Gefälles, so ungemein viel vortheilhafter wirkt, als die obige in §. 52, die sechste von eben dem Künstler erbaute, und die ein ungleich höheres Gefälle hatte!

Von den sachverständigen Männern, die bey dem Maschinenwesen in Schemnitz angestellt sind, läßt sich hoffen, und ich bin so frey, sie darum zu bitten, daß sie durch neue Nachmessungen und Beobachtungen diese Frage beantworten.

Auch wird aus meinen Bemerkungen in §. 47, der Wunsch erhellen, daß die wirklich gehobenen Wasser angegeben, also die Hubwasser nicht nach der von Poda gebrauchten unsichern Berechnung, sondern durch unmittelbare, so genannte kubische Abmessung, und wo möglich durch wiederhohlte Beobachtung theils ihres Zuflusses auf den verschiedenen Läufen, theils auch ihres Ausflusses in dem Ausgusse, bestimmt werden.

Da die Ungaren, meines Erachtens, die Ehre haben, daß diese für den Bergbau so äußerst nützlichen Säulenmaschinen von ihrem Landsmann Höll bisher schon besser als anderwärts vorgerichtet sind; so werden sie auch gerne dazu beytragen, die Erfahrungen darüber so genau bekannt zu machen, daß man mit Sicherheit darauf Rücksicht nehmen kann.

Man wird mir hoffentlich das Zeugniß geben, daß ich in Angabe der Sächsischen Säulenmaschinen, so weit ich hier Veranlassung dazu habe, und ohne unzweckmäßige Umständlichkeit es geschehen kann, sehr aufrichtig verfahre. Auch muß ich es geradezu eingestehen, daß meiner Einsicht nach diese Maschinen von Höll ungleich mehr den Regeln der Hydraulik gemäß, als von Mende eingerichtet sind, der übrigens um andere Maschinen sich ausgemacht sehr verdient gemacht hat; und selbst auch durch seine ersten Versuche in Erbauung der Säulenmaschinen auf mancherley Weise für uns lehrreich geworden ist.

§. 56.

Noch habe ich von meinen Zuhörern für alle 9 von Poda beschriebnen, und von Hrn. Höll erbauten Säulenmaschinen, ihre Wirkungsgrade berechnen lassen, nach der obigen Methode, und unter der Annahme, daß das von Poda angegebne Gefälle der Einfallsröhren, wegen des Grundwerkes und der nöthigen Abzugsrösche unter ihm, um ein halbes Lachter größer anzusetzen sey.

Zahl der Maschine	Seigere Höhe der Einfallsröhre	Länge der Einfallsröhre	Grad der Wirksamkeit
1	44 Lachter	44 Lachter	0,54
2	40 =	40 =	0,50
3	34 =	90 =	0,76
			0,59
4	23 =	23 =	1,12
			0,87
5	44 =	44 =	0,44
6	51,5 =	51,5 =	0,51
7	35 =	35 =	0,62
8	50 =	nicht angegeb.	0,49
			0,50
9	30 =	nicht angegeb.	0,72

Anmerk. 1. Bey einigen Maschinen sind zwey Wirkungsgrade aufgeführt, weil Poda auch noch eine späterhin getroffene Abänderung der Maschine angiebt. Bey der vierten fällt nach solcher Abänderung die Unmöglichkeit freylich weg, deren ich in §. 54 erwähnt habe; aber unwahrscheinlich groß bleibt immer noch der Wirkungsgrad in Vergleichung mit der dritten Maschine; auch sonderbar, daß er bey dieser von 0,76 bis auf 0,59 durch bloße Veränderung des Pumpenwerkes herabgekommen seyn soll!

Anmerk. 2. Die Wirkungsgrade sind nach den Hubwassern berechnet, welche Poda angiebt. Sollten nun diese um ihr Fünftel, oder Sechstel u. dgl. zu reduciren seyn (§. 49.); so würden auch die Wirkungsgrade um eben so viel abnehmen müssen.

§. 57.

Bey der einen Erzgebirgischen die ich für die beste halte, und allein nur mit einiger Zuversicht aus den vorgefundenen Angaben zu schätzen wage, war der

Wirkungsgrad = 0,51, wenn man die dafür angegebnen Hubwasser als richtig annimmt. Aber auch bey ihr waren sie nur nach trüglicher Methode berechnet, nicht durch unmittelbare Beobachtung bestimmt worden; daher schon in dieser Hinsicht nach Wahrscheinlichkeit, der Wirkungsgrad auf = 0,44 herabzusetzen seyn dürfte. (§. 51.)

§. 58.

Ueberdies gieng während der Beobachtung dieser Maschine noch ein merklicher Theil des Aufschlagewassers durch abgenutzte Liederung des Treib- und Steuerungskolbens verloren. Ich finde diesen Verlust zwar auf ein Sechstel des Aufschlagewassers angegeben; da er aber ebenfalls nicht durch Abmessung gefunden wurde, und die Angabe jenes Sechstels durch übereilte Ergreifung eines ganz heterogenen Rechnungsresultates entstanden zu seyn scheint; so habe ich meine obige Schätzung der Maschine lieber auf die Versicherung begründen wollen, daß bey guter Liederung gar kein Wasser verloren gieng. Allerdings aber wird man nun gegen die Schätzung noch einwenden können; daß dagegen bey gedranger Liederung mehr Friction entstehen müßte, und diese ein etwas langsameres Kolbenspiel dürfte bewirkt haben!

Nehmen wir nun noch dazu, daß bey allen bisher von uns benutzten Angaben für die Ungarischen und Sächsischen Maschinen, der Kraftverlust am Pumpenwerke mit eingeschlossen ist, und nicht einmahl bey den hiesigen oberschlägigen Kunstgezeuge und der hiesigen Säulenmaschine einerley Pumpenwerke vorkamen, die Ungarischen Pumpwerke aber eine noch weit verschiedenere Einrichtung haben, von den Säulenmaschinen des Harzes aber fürs Publicum meines Wissens nur die Erfahrung übrig geblieben ist, daß man sie ihrer schlechten Wirkung wegen wiederum abgebaut hat: so

liegt

liegt es doch wohl sehr am Tage, daß wir nach allen diesen reichlich halbhundertjährigen Erfahrungen über die Wassersäulenmaschinen noch nicht einmahl zu bestimmen wissen, ob sie besser oder schlechter als ein oberschlägiges Rad wirken!

Noch viel weniger aber wird uns durch diese so genannten Erfahrungen irgend etwa angegeben, worin der Kraftverlust eigentlich begründet war; wie viel oder wenig der eine oder andre Theil der Maschine daran verursacht habe; wodurch er also, und in welchem Maaße er zu vermeiden seyn möchte; und unter welchen Umständen man ähnliche oder auch ziemlich abgeänderte Wassersäulenmaschinen mit frohem Muthe anzulegen wagen dürfe, oder nicht! Nichts von dem allen ist durch diese Erfahrungen ausgemacht worden.

Ich hoffe doch, daß eine Theorie auf wenigen Bogen über alle diese Fragen ziemlich befriedigen wird.

Die beyden nächsten Kapitel enthalten einige vorläufige Bemerkungen über die dynamischen Grundgleichungen, und über die Formeln der neuen Experimentalhydraulik, die keinesweges bloß auf die Wassersäulenmaschine eingeschränkt sind, sondern die Dynamik und Hydraulik überhaupt betreffen.

Das achte, neunte und zehnte Kapitel beschäftigen sich mit der Berechnung eines solchen Pumpenwerkes als bey der Säulenmaschine vorkommt, die im eilften Kapitel berechnet wird.

Das einzige 11te Kapitel enthält den ganzen theoretischen Zusammenhang der Formeln, deren ich zu dieser Berechnung mich bedient habe.

Allerdings sind diese Formeln bloß für einstieflige Säulenmaschinen, uamentlich für die Mendensche Einrichtung derselben angelegt. Ihre Abänderung für die Ungarischen

würde aber keine Schwierigkeit haben; und was die bisherige einzige zweystieflige, von Mende erbaut gewesene betrift, so hielt ich es der Mühe nicht werth sie zu berechnen. Alle Vortheile die sie vor den einstiefligen voraus zu haben scheint, werden sich durch eine gehörige Umänderung derselben, bey ihnen ebenfalls und mit mehrerer Sicherheit erreichen lassen.

Die Theorie der einstiefligen im 11ten Kapitel mußte nun mit der Langsdorfischen, oben §. 19, No. 3. schon erwähnten, in ihrer ersten Anlage vieles gemein haben. Absichtlich habe ich fürs erste alle schwierige Integrierungen zu vermeiden gesucht, um zuvörderst die Uebersicht des Ganzen so leicht als möglich zu machen. Auch denke ich dafür gesorgt zu haben, daß nicht für Anfänger eine schwierige Lücke übrig bleibe, um wirklich zu einer ziemlich genauen Angabe dessen zu kommen, was eine Wassersäulenmaschine als solche zu leisten vermöge.

Allerdings wird diese Angabe noch genauer und sicherer, auch für die Praxis nützlicher ausfallen können, wenn man auf jene Integrierungen sich einläßt, und den wirklichen Beschleunigungszustand der Maschine, nicht bloß den abgeglichenen, zu behandeln sucht, aber dann auch in der That den wirklichen behandelt, welches meines Erachtens noch nie geschehen ist.

Sechstes Kapitel.

Einige Bemerkungen über die dynamische Grundgleichung.

§. 59.

Bey meinem mündlichen Vortrage der höheren Mechanik bin ich veranlaßt gewesen, ihre Gründe auf mancherley Weise zu durchdenken, und es hat mir am Ende geschienen, daß man vermittelst einer vorzüglich bündigen und deutlichen Darstellung, die dynamische Hauptgleichung zunächst unter der Form $\frac{dv}{ds} = \frac{P}{My}$ am leichtesten gewinnt.

§. 60.

Darin bedeutet v die Fallhöhe $= \frac{vv}{4g}$, welche der Geschwindigkeit v zugehört, die der so genannten bewegenden Kraft P und der von ihr bewegten Masse M zukommt am Ende der beliebig wählbaren Zeit t, während welcher die Kraft schon auf die Masse gewirkt hat, und diese jener Kraft wegen durch die Raumlänge s beschleunigend bewegt ist.

Die Masse M wollen wir uns durch Kubikfuße gemessen denken, deren Zahl eigentlich $= M$ ist; und y bedeutet die Anzahl der Pfunde, welche ein Kubikfuß wiegt; also My ℔, das Gewicht der Masse.

g aber bedeutet die Raumlänge, durch welche eben diese Masse, wenn sie nicht der Kraft P, sondern statt ihrer der Schwerkraft wäre überlassen gewesen, während einer Secunde würde beschleunigt seyn, indem wir t nach Zeitsecunden angeben.

§. 61.

Es wird von uns $g = 17{,}377$ Leipziger Fuß gesetzt, welches mit $g = 15{,}1$ Pariser Fuß, oder auch $g = 15{,}625$ Rheinische Fuß übereinstimmt.

Ich glaube völlig gewiß zu seyn, daß der Leipziger Fuß, die Hälfte der Leipziger Elle, und der 7te Theil eines Freyberger Lachters, gerade $= \frac{125{,}1}{144}$ des Pariser Fußes ausmacht; indem ich die Uebereilung einsehe, durch welche er überdies auch bald auf 125,2, bald auf 125,3 Pariser Strich angesetzt ist.

Für gegenwärtigen Gebrauch wird $\gamma = 50$ ℔ gesetzt; eigentlich Dresdner ℔, wofür aber Auswärtige hier ohne Bedenken auch Cöllnische sich vorstellen können, da der Unterschied sehr unbeträchtlich ist. Ein Dresdner ℔ ist $= \frac{2}{9}\frac{7}{7}\frac{1}{2}\frac{6}{8}$ des Cöllnischen, nach Gerhardt.

Der Hr. Rath Langsdorf, Handbuch der Maschinenlehre Bd. 1, S. 71, hat gegen solche 50 ℔ erinnert, daß der Freyberger Kubikfuß Wasser in Dresdner Gewicht nur $= 48{,}58$ ℔ wiegen könne, und vermuthet daher, daß man durch eine gewölbte Anfüllung des Kubikfußes auf 50 ℔ gekommen sey. Allerdings hat man einen wirklich verfertigten Kubikfuß angefüllt und unmittelbar abgewogen; aber bey gewöhnlich reinem Wasser fand man das Gewicht nur $= 47$ ℔ (Magazin der Bergbaukunde von Lempe, Theil 13 Seite 47). Wo Lempe 50 ℔ annimmt, setzt er unreines Grubenwasser voraus, womit man es bey den bergmännischen Maschinen meistens zu thun hat; und dafür sind 50 ℔ nicht zu viel. Jene 47 ℔ aber scheinen mir für gewöhnliches Wasser ein zu geringes Gewicht.

Der hiesige Hr. Bergmechanicus Studer, einer von den wenigen Künstlern, die zugleich auch die gehörigen theoretischen Kenntnisse besitzen, hat sich ungemeine und vielleicht ganz eigenthümliche Mühe gegeben, einen Pariser Kubikzoll recht genau zu verfertigen: aber nur bey cylindrischer Form desselben konnte er eine Genauigkeit erreichen, die ihn zufrieden stellte. Durch hydrostatische Abwägung dieses Cylinders fand er das Gewicht

für destilliertes Wasser

einmahl 330,92, und ein anderes Mahl 330,96 Grän,

für Regenwasser

einmahl 331,06, und ein anderes Mahl 331,11 Grän,

ohne daß er bey dem zweymahligen Abwägen irgend eine Verschiedenheit der Umstände zu unterscheiden wußte. (Vielleicht war sie manometrisch; welches bey neuen Versuchen sich völlig wird bestimmen und vermeiden lassen.)

Bis dahin müssen wir die mittleren Größen, also 330,94 Grän für destillirtes, und 331,085 Grän für Regenwasser gebrauchen; beydes bey 12 Grad Reaumur.

Unter Grän versteht er den 7640sten Theil eines Cöllnischen Pfundes, der Doppelmark des deutschen Münzgewichtes, welches seit Einführung des Conventionsfußes hinreichend gesichert ist; m. s. meine Kenntnisse und Betrachtungen des neuern Münzwesens für Deutsche, 1ster Theil, Seite 79.

Demnach wäre das Gewicht eines Leipziger Kubikfußes destillirtes Wasser

$$= \left(\frac{125,1}{144}\right)^3 . 12^3 . \frac{330,94}{7640} = 48,822 \text{ Cöllnische Pfund}$$

$$= 48,883 \text{ Dresdner oder Leipziger Pfund.}$$

Für den Brandenburgisch-Rheinischen Kubikfuß fände sich das Gewicht = 67,154 Cöllnische Pfund, und = 74,4619 Cöllnische Pfund für den Pariser Kubikfuß.

Etwas mehr, als nach den bisher gewöhnlichen Angaben! Gleichwohl hat vermuthlich gerade Hr. Struder eine ganz vorzügliche Genauigkeit in Verfertigung des Kubikzolles erreicht. Man lese seine eigne Nachricht darüber in Gilberts Annalen der Physik 1803, Stück 1.

§. 62.

Die Kräfte selbst kennen wir nicht, dürften auch wohl in den nächsten 6000 Jahren noch nicht dahin gelangen. In der Maschinenlehre, so weit sie der Dynamik bereits unterworfen ist, haben wir es nur mit zweyerley Kraftäußerungen zu thun.

1) Die eine besteht in demjenigen Drucke, welchen der Kraft wegen, die ihr unterworfene Masse auf den Widerhalt ausüben würde, durch welchen sie, der Kraft und ihrer Richtung gemäß sich bewegen zu lassen, völlig verhindert wäre.

Diese Kraftäußerung ist also eben das, was man Gewicht der Masse nennt, Falls die Kraft in der Schwere der bewegten Masse besteht. Auch wird bey jeder andern Kraft die Größe dieser Kraftäußerung durch Gewichte gemessen, und es scheint mir schicklich, sie das Druckmaaß der Kraft zu nennen.

Meistens wird, auch wo die Kraft Bewegung hervorbringt, dennoch ein Theil der Kraft wirklich als Druck sich verwenden müssen, um dem Widerstande der Bewegungshindernisse entgegen zu wirken. Was nach Abzug dieses Theiles, von dem gesammten Druckmaaße der Kraft noch übrig bleibt, giebt das P in der dynamischen Gleichung §. 59.

Als

Als solch ein Ueberschuß betrachtet, dürfte es recht gut allemahl die Ueberwucht genannt werden, auch wo sein Abzug nicht zum Theil in Gegenkräften, sondern im bloßen Widerstande andrer Bewegungshinderniſſe besteht.

In Beziehung auf die gleich zu erwähnende zweyte Kraftäußerung, pflegt man dieses P die bewegende Kraft zu nennen. Noch bestimmter würde es in dieser Hinsicht das Druckmaaß der bewegenden Kraft heissen. Es ist ja von demjenigen Theile der Kraft, der nach besiegten Bewegungshinderniſſen, auf die Bewegung, Beschleunigung der Masse wirklich verwandt wird, dasjenige Maaß desselben, welches er zeigen würde, wenn er ebenfalls durch bloßen Druck sich äußern müßte, Falls die Bewegung der Masse völlig gehindert würde.

2) Die zweyte Aeußerung der Kraft besteht darin, daß sie den Körper, der ihr unterworfen ist, wenn er ihrer Einwirkung ungehindert folgen kann, während jeder Zeit durch einen Raum bewegt. Diese Aeußerung der Kraft heißt die Beschleunigung; und die Größe derselben, wird für den Endpunct eines jeden beliebig wählbaren t, durch die Raumlänge angegeben, durch welche die Kraft den Körper M während der (t + 1) ten Secunde beschleunigen würde, wenn die Kraft während dieser (t + 1) ten Secunde unveränlich eben so groß bliebe, als sie am Anfange dieser Secunde, dem Endpuncte der t ten Secunde es wirklich ist.

Diese Raumlänge nenne ich das Beschleunigungsmaaß der Kraft für den gewählten Augenblick, der im strengsten Verstande ein bloßer Zeitpunkt ist, eine bloße Gränze zwischen dem Ende der t ten und dem Anfange der (t + 1) ten Secunde. Ist die

Kraft veränderlich, so wird sich dieses Beschleunigungsmaaß ändern mit t.

Gerade eben so, wird ja auch bey veränderlicher Geschwindigkeit eines Körpers seine Geschwindigkeit für den Endpunct einer jeden Zeit t, durch die Raumlänge v gemessen, durch welche sich wegen dieser Geschwindigkeit während der (t + 1) ten Secunde der Körper bewegen würde, falls sie während dieser ganzen Secunde unverändert so groß bliebe als sie an ihrem Anfange wirklich es ist.

§. 63.

Was ich Beschleunigungsmaaß nenne, wird sonst geradezu Beschleunigung, auch wohl beschleunigende Kraft genannt; und es scheint mir fast, daß unter andern auch diese unbequemen Ausdrücke bey vielen, sonst sehr unterrichteten und scharfen Mathematikern, die Meinung veranlaßt haben, als ob auch die veränderlichen Kräfte wie solche behandelt würden, die eine sehr kleine Zeit hindurch unveränderlich wirkten! Zu den übrigen Ausdrücken, welche in ähnlichen Irrthum bringen können, rechne ich hauptsächlich, daß man sich das Differential der Geschwindigkeit, dv, als einen kleinen Geschwindigkeitszuwachs denkt, der während der kleinen Zeit dt wirklich statt finde bey constanten Kräften, und bey veränderlichen ebenfalls angenommen werde, wenn man die, durch das Geschwindigkeitsdifferential ausgedrückte dynamische Gleichung $dv = 2g \frac{P}{M\gamma} dt$, auch für veränderliche Kräfte gebraucht.

Auch hier wird allem Mißverstande, selbst bey Anfängern vorgebeugt seyn, wenn man $\frac{dv}{dt} = 2g \frac{P}{M\gamma}$

das

das Maaß des Geschwindigkeitszuwachses nennt, welchen die Kraft, während der nächsten Secunde beyzubringen, am Ende eines beliebig wählbaren t bereit ist. Ist die Kraft veränderlich, und stetig veränderlich, so wird sich dieses Maaß auch während der nächsten $(t + 1)$ ten Secunde immerfort ändern. Das hindert aber nicht die jedesmahlige Größe der Kraft, als ein Vermögen die Geschwindigkeit des von ihr bewegten Körpers zu vermehren, in jedem Endpuncte einer beliebig wählbaren Zeit t durch denjenigen Geschwindigkeitszuwachs $\frac{dv}{dt}$ zu messen, welchen die Kraft während der nächsten $(t + 1)$ ten Secunde verursachen würde, wenn sie diese ganze Secunde hindurch unverändert eben so groß bliebe, als sie am Anfange derselben es ist.

Soll ich zu mehrerer Deutlichkeit, einige Beyspiele solcher Misverständnisse anführen, denen durch die eben beygebrachten Begriffe von den Maaßen der Beschleunigung und des Geschwindigkeitszuwachses vorgebeugt wird; so sey es mir erlaubt, gerade solche Mathematiker zu nennen, die ich recht vorzüglich hoch schätze.

Pasquich in seinem Versuche eines Beytrages zur allgemeinen Theorie von der Bewegung und vortheilhaftesten Einrichtung der Maschinen, 1789, äußert schon in §. 8, Seite 8, die Behauptung, daß für den ersten Augenblick der Bewegung die Winkelgeschwindigkeit $\frac{dc}{r} = \frac{2g}{r}\frac{P}{M}dt$ sey, und in der Folge, namentlich im 4ten Aufsatze, wird die vortheilhafteste Einrichtung der Maschinen darin gesetzt, daß diese Anfangsgeschwindigkeit ein Größtes werde.

Der einsichtsvolle Verfasser braucht es jetzt nicht erst von mir zu lernen, daß die Bedeutung des Differentiales

tiales dc auf anfängliche Geschwindigkeit keinesweges eingeschränkt werden kann; sondern dc ein Differential der Geschwindigkeit in jedem beliebigen Zeitpuncte der Beschleunigungszeit bedeuten muß.

Auch ist es von Ihm selbst in seiner **Beylage zum Unterrichte in der mathematischen Analysis und Maschinenlehre** 1798, §. 224, schon erinnert, daß man seinem dortigen neuen Vortrage gemäß, in jenem früheren Werke die Sprache berichtigen möge. Aber den richtigen Begriffen ist es ja durchaus nicht gemäß, durch dc gerade nur eine Anfangsgeschwindigkeit auffassen zu wollen; sondern die Anfangsgeschwindigkeit wäre ja $c = 2g\int \frac{P}{M} dt$, für $t = o$, also selbst geradezu $= o$ wenn P eine Function von t mit der Dimension t^n ist, u. s. w.

Meines Erachtens dürfte also mit berichtigter Sprache der ganze Grund verschwinden, worauf im obigen Werke die Einrichtung der Maschinen gestützt wurde; und so scheint es mir, daß selbst ein **Pasquich**, der schon damals ein sehr achtungswürdiger Mathematiker war, durch unvollkommene Begriffe vom Beschleunigungsmaaße fehl geführt wurde.

L Huillier, *Principiorum calculi differentialis et integralis expositio elementaris*, sagt in §. 227 und 228.

Ex aequatione $v = gt$ (posita g celeritate, quam corpus acquirit tempore pro vnitate sumto, ex. gr. vno minuto secundo) consequitur $\frac{dv}{dt} = g$.

Formula differentialis $\frac{dv}{dt} = g$ pariter applicatur ad casum, quo g variabilis est; et qui, physice intellectus, supponit tempus lapsus in partes

adeo

adeo exiguas dividi, vt, durante qualibet earum, actio causae corpus impellentis sit vniformis.

Es sey mir hier erlaubt, die Anmerkung aus §. 64 zu wiederholen: **eben so**, wie man bey einem mit veränderlicher Geschwindigkeit bewegten Körper, für jeden beliebigen Zeit**punct** seiner Bewegung, die Größe seiner Geschwindigkeit durch den phoronomischen Ausdruck $\frac{ds}{dt} = v$ angeben kann, ohne damit irgend behaupten zu wollen, daß der Körper irgend eine noch so kleine Zeit hindurch, geschweige denn sogar eine ganze Zeiteinheit hindurch, welche das Maaß v voraussetzt, wirklich sich gleichförmig bewegen solle; gerade eben so wird $\frac{dv}{dt}$ als ein Maaß des Geschwindigkeitszuwachses für den Endpunct eines beliebigen t angelegt, ohne mit dieser Messung für eine veränderliche Kraft in der dynamischen Gleichung behaupten zu wollen, sie solle irgend eine noch so kleine Zeit dt hindurch als unveränderlich betrachtet werden.

Sollte der Wink — physice intellectus — andeuten, daß es ungewiß sey, ob die veränderliche Schwerkraft wirklich stetig veränderlich sey, oder eigentlich nur ruckweise wirke; so gestehe ich diese Ungewißheit gerne ein. Aber sie ist eine physikalische Ungewißheit, die nach allen bisherigen Versuchen unentschieden bleibt, und eben dadurch zu zeigen scheint, daß sie keine uns bemerkliche Folgen haben kann. Die **Methode** aber, deren man sich bedient, wenn man die Differentiirung und Integrierung der reinen Mathematik auf die Dynamik anwendet, ist nach ausdrücklicher Voraussetzung stetig wirkender Kräfte, auf das völligste strenge und genau, und verdient den Vorwurf nicht: dummodo rationis, qua ducti eam vsurpant mathematici, non obliuiscantur, neque exigant, vt, quas inde nectunt, consequentiae absoluto ac mathematico rigore verae esse censeantur.

G. G.

G. G. Schmidts (Professor zu Gießen) Anfangsgründe der Mathematik halte ich für ein Lehrbuch, das dem neuern Zustande der Wissenschaft angemessen ist, und überhaupt viel vorzügliches an Gedanken und Vortrag hat.

Aber in der Mechanik, in der ersten Abtheilung des zweyten Theiles, Seite 340, heißt es:

„In den Fällen, wo die beschleunigende Kraft veränderlich ist, erfordert die Bestimmung des Wegs während einer gegebnen Zeit, Kunstgriffe der höhern Rechenkunst, und die selbst sind unzureichend, wenn das Gesetz der Veränderlichkeit nicht angegeben werden kann. Man muß sich alsdann begnügen, die in sehr kleinen (eigentlich unendlich kleinen) Zeiten beschriebenen Wege mit einander zu vergleichen, wobey man voraussetzt, daß während eines solchen kleinen Zeittheilchens auch eine veränderliche Kraft gleichförmig beschleunige."

Uebrigens habe ich selbst, in früheren Schriften, mich über die Behandlung veränderlicher Kräfte unrichtig ausgedrückt, theils aus wirklich noch undeutlicher Einsicht in die Sache, theils aus Uebereilung.

§. 64.

Mein jetziger Erweis der dynamischen Gleichung $\frac{dv}{ds} = \frac{P}{M\gamma}$, nimmt den Gang, daß ich dynamisch zu zeigen suche, unter welchen Voraussetzungen das Beschleunigungsmaaß $= g\frac{P}{M\gamma}$ seyn müsse; und dagegen bloß phoronomisch darthue, daß $g\frac{dv}{ds}$ ein phoronomischer Ausdruck des Beschleunigungsmaaßes ist.

Die letztere Behauptung für die bloß phoronomische Seite der Gleichung, wie ich sie nennen möchte,

te, ist leicht zu erweisen. Aber auch für die andere dynamische Seite, kann die Behauptung unter solchen Bedingungen dargethan werde, daß man für alle ihre Anwendungen auf die Maschinenlehre schon von vorne her befriedigt wird. Für die Mechanik des Weltgebäudes aber wird sie durch die Erfahrung ebenfalls bestätigt, so weit unsere Sinne dazu hinreichen.

§. 65.

Ist nun $g \frac{dv}{ds}$ das phoronomische Maaß der Beschleunigung, und $g \frac{P}{M\gamma}$ das dynamische; so wird $\frac{dv}{ds} = \frac{P}{M\gamma}$ am besten genannt werden die Beschleunigungszahl. Sie ist eine bloße Verhältnißzahl, welche angiebt, wie viel mahl in dem Beschleunigungsmaaße der wirklich vorhandenen Kraft, das Beschleunigungsmaaß der idealischen constanten Schwerkraft enthalten ist. (Man weiß nähmlich, daß die wirkliche Schwerkraft, wenn der Körper durch irgend eine etwas beträchtliche Höhe bewegt wird, nicht constant bleibt; für die unbeträchtlichen Höhen in der Maschinenlehre aber man das völligste Recht hat, zu großer Bequemlichkeit die idealische constante Schwerkraft anzunehmen; zu geschweigen, daß für solche Fälle, da die Schwere nicht selbst zur bewegenden Kraft gehört, jene Schwerkraft nur als Maaßstab dient).

§. 66.

Daß dann ferner $\frac{dv}{ds} = \frac{dvv}{ds.4g} = \frac{vdv}{2gds} = \frac{ds}{dt^2}$. $\frac{dv}{2gds} = \frac{dv}{2gdt}$, lauter phoronomische, gleichgültige Ausdrücke sind, ist analytisch und geometrisch mit aller Strenge darzuthun; und die längst bekannten

Metho-

Methoden des Infinitesimalcalculs sind dazu, mir ausgemacht, vollkommen hinreichend und sehr geschickt.

§. 67.

Beym Erweise der dynamischen Grundgleichung $\frac{dv}{ds} = \frac{P}{M\gamma}$ muß es ausdrücklich ausbedungen werden, daß die bewegende Kraft, deren Drückungsmaaß durch P angegeben wird, immerfort mit der von ihr bewegten Masse M einerley Geschwindigkeit v hat. In dieser Hinsicht dürfte es rathsam seyn, bey Anlage der Gleichung zu schreiben $\frac{dv}{ds} = \frac{v.P}{v.M\gamma}$, oder noch auf andere Weise, die ich anderwärts mittheilen werde, sich deutlich vor Augen zu stellen, auf wessen Geschwindigkeit, der Masse oder der Kraft, sich v beziehen solle. Wo nähmlich beyder Geschwindigkeit verschieden ist, da muß für die Grundgleichung vermittelst des Trägheitsmomentes modificiert werden, wenn v auf die Geschwindigkeit der Kraft sich beziehen soll.

§. 68.

Schon bey anderer Gelegenheit habe ich geäußert, daß ich des Hrn. Rath Langsdorfs bequeme Reducirung vermittelst des Trägheitsmomentes, auch für die Hydraulik in der Hauptsache für richtig erkenne. Die Erläuterung des Ueberganges von festen zu flüssigen Körpern dürfte etwas anders zu fassen seyn: übrigens aber werden die Einwendungen, welche man dagegen gemacht hat, gar nicht statt finden, wenn man den Begriff des Trägheitsmomentes so allgemein giebt, daß er in Drehungsmoment für feste Körper, und in Röhrenmoment für flüßige Körper zerfallen kann.

Ueber-

Ueberhaupt muß ich für einige von den nachfolgenden Kapiteln eine gehörige Bekanntschaft mit der höhern Mechanik voraussetzen. Obige Eröffnungen aber schienen mir nöthig, um einige mir eigenthümliche Ausdrücke zu bestimmen, und den Vorwurf zu verhüten, als ob ich die gewöhnlichen aus Uebereilung verfehlt hätte.

Siebentes Kapitel.

Nöthige Formeln aus der Experimentalhydraulik.

§. 69.

Wenn Wasser in einer cylindrischen oder andern prismatischen Röhre, deren Weite W Quadratfuß ist, mit der Geschwindigkeit C sich bewegt, irgendwo aber durch eine verengerte Weite w gehen muß; so wird es bey seinem Eintritte in dieselbe die größere Geschwindigkeit $c = \frac{W}{w} C$ annehmen müssen.

Solche Geschwindigkeitsvermehrung pflege ich eine örtliche zu nennen, um sie von der Geschwindigkeitsvermehrung im ganzen Röhrensysteme, welche nur während der Beschleunigungszeit Statt findet, zu unterscheiden. Jene örtliche dauert auch während des Beharrungszustandes fort, für jeden Wasserschnitt, der aus dem größeren W in das kleinere w übergeht; und sie ist allemal $= \frac{W}{w} C - C$, es mag C constant oder veränderlich seyn.

§. 70.

Heisse nun σ die hydrostatische Höhe der Kraft, welche zu dieser örtlichen Geschwindigkeitsvermehrung erfordert wird; so würde man

E $\sigma =$

$$\sigma = \frac{cc}{4g} - \frac{CC}{4g}$$ haben,

wenn nicht durch die nöthige Convergenz der Wasserfäden ein Kraftverlust entstände. Dieses Kraftverlustes wegen wird σ um ein ziemliches größer seyn müssen; und aus mehrern Versuchen hat man geschlossen, daß man ziemlich genau

$$\sigma = \frac{cc}{0{,}62^2 . 4g} - \frac{CC}{4g}$$ habe,

wenn 1) die Verengerung w eine entfernte Oeffnung mit scharfen Kanten in einer dünnen Platte ausmacht. Entfernt nenne ich die Oeffnung, wenn sie in dem mittleren Theile einer ebnen Platte angebracht, und durch die umstehende Größe derselben, von den Röhrwänden so weit entfernt liegt, daß nicht nur kein Theil von ihnen zur Bildung des Strudels merklich anders als jeder übrige wirken kann, sondern auch bis zur Platte hin das zufließende Wasser einen freien Durchschnitt hat, der etwa 8 bis 10mahl wenigstens größer als w ist.

Auf diese Bedingungen kommen meines Erachtens die Umstände hinaus, unter welchen man die Versuche angestellt hat, aus denen die so genannte Contractionszahl $= 0{,}62$ sich ergab; wenn wir nur noch hinzufügen, daß bey den wirklich angestellten Versuchen, W so groß gegen w, und überdies die Geschwindigkeit nur so geringe war, daß man das verneinte Glied $- \frac{CC}{4g}$ als unbeträchtlich beseitigen konnte. — — Die genannte Entfernung scheint mir bey Versuchen, die zur Regel führen sollen, sehr nothwendig zu seyn. Wäre z. B. in dem horizontalen Boden des Behälters das Loch etwas nahe an den Seitenwänden angebracht, so würden eigentlich diese schon den Anfang der Ausmündung mit ausmachen, und jenes Loch im Boden nur ihren letzten Querschnitt bestimmen.

§. 71.

§. 71.

Wenn aber 2) die Oeffnung w den Anfang einer cylindrischen Röhre ausmacht, und diese Röhre wenigstens zwey- bis dreymahl länger als der Durchmesser des w ist; so hat man den Durchfluß so verstärkt gefunden, daß nur

$$\sigma = \frac{cc}{0{,}81^2 . 4g} - \frac{CC}{4g}$$ erfordert wurde.

Es ist wohl gewiß genug, daß diese vortheilhaftere Contractionszahl 0,81 statt 0,62, nur von der Mitwirkung eines Atmosphärendruckes auf das Hinterwasser herrühren kann, und aus Gilberts Annalen der Physik, Band IV, Seite 119, wird erhellen, wie ich seine Entstehung mir vorstelle. Ursprünglich wird, auch in dem Anfange einer cylindrischen Ausmündung, die Contraction eben so groß als in einer Plattenmündung seyn müssen, und daher die vortheilhaftere Zahl 0,81 nicht Statt finden, wo ein solcher Nachdruck nicht vorhanden ist, zu anderweitiger Geschwindigkeitsvermehrung schon verbraucht wird, oder doch jenen verstärkten Ausfluß nicht unter so vortheilhaften Umständen bewirken kann, als bey den angestellten Versuchen vorhanden waren.

§. 72.

Es scheint mir sehr bequem, die Fallhöhen, welche den Geschwindigkeiten c und C zugehören, durch die lateinischen Buchstaben c und C auszudrücken, indem ich alle schlechthin so genannte Geschwindigkeiten *) durch deutsche Buchstaben bezeichne.

Da-

*) Was man gewöhnlich geradezu Geschwindigkeit nennt, ist eigentlich nur ein conventionelles Maaß der Geschwindigkeit, eine Raumlänge, die wegen der Geschwindigkeit eines Körpers, in der nächsten Zeiteinheit von ihm gleichförmig würde durchlaufen werden. Die Geschwindigkeit selbst ist nur der bereits

Dadurch erhalten wir $\sigma = \frac{c}{\beta\beta} - C$,

und es wird nun β für die meisten Fälle, womit wir es in der Folge zu thun haben werden, entweder $= 0{,}62$ oder $= 0{,}81$ zu setzen seyn. Nur hie und da wird es etwas anders gewählt werden, wo die Mündungsgestalten allzu sehr von denen abweichen, welche bey den Versuchen vorkamen, aus denen jene beyden Zahlen gefolgert sind.

§. 73.

Ist C nur klein gegen c, z. B. nur $C = \frac{1}{100} c$, also $\mathfrak{C} = \frac{1}{100} c$ und $w = \frac{1}{100} W$; so ist es hinreichend bloß $\sigma = \frac{c}{\beta\beta}$ zu setzen.

§. 74.

Ebenfalls nur aus Versuchen, die wir den ruhmwürdigen Bemühungen französischer Mathematiker hauptsächlich zu verdanken haben, hat man gefolgert, daß für Röhren von mittelmäßiger Weite, wie sie bey dem Maschinenwesen vorkommen,

$$f = 0{,}03 \frac{L}{D} \cdot C$$ ungefähr ist,

wenn C die Geschwindigkeitshöhe in der Röhre bedeutet, deren Durchmesser $= D$, und deren Länge $= L$ ist, und f die hydrostatische Höhe der Kraft bedeutet, welche angewandt werden muß, um die so genannte Friction zwischen der Röhrwand und dem durchlaufenden Wasser zu besiegen. Mit Herrn Langsdorf will ich, bequem und kurz, den Ausdruck Friction gebrau-

vorhandene Zustand eines bewegten Körpers, durch dessen Fortsetzung er, wenn ihm Zeit dazu gelassen wird, in einer gewissen Zeit eine gewisse Raumlänge gleichförmig, vermöge seiner Trägheit durchläuft.

gebrauchen, gesetzt auch daß die Ursache der Geschwindigkeitsverminderung mehr in der Adhäsion, und der dadurch so gut als verengerten Röhrenweite bestehen mag.

§. 75.

Hat die Röhre eine Krümmung, so soll zur Besiegung des dadurch verursachten Widerstandes die hydrostatische Krafthöhe $k = 0{,}242 . c . S$ ungefähr erfordert werden,
wo c die Geschwindigkeitshöhe des Wassers in der Krümmung,
und S die Summe aus den quadrierten Sinussen aller Anprallungswinkel in der Krümmung bedeutet; doch unter dem Beding, daß keiner von ihnen größer als 36, höchstens 40 Grad sey; sonst wird der Widerstand beträchtlich größer ausfallen.

§. 76.

Hier kann ich mich nicht darauf einlassen, diese Formeln zu begründen, und die nöthige Vorsicht bey ihrer Anwendung umständlich zu erörtern. Man wird darüber in Langsdorfs Lehrbüchern, Hydraulik, 1794, Maschinenlehre, 1797, Grundlehren der mechanischen Wissenschaften, 1802, und in Eytelweins Handbuch der Mechanik fester Körper und der Hydraulik, 1801, auch in Kosmanns Lehrbuch der Hydraulik, 1797, die besten Belehrungen und weitern Nachweisungen vorfinden.

Nur muß ich es noch ausdrücklich bemerken, daß die Formeln, welche ich für σ, f und k hier aufgeführt habe, für alle Maaßstäbe gelten. Diese Allgemeinheit zu gewinnen, muß man dahin sehen, daß beyde Seiten der Gleichung gleich viel lineäre Dimensionen erhalten, wie es überdies der Ordnung gemäß ist. Es ist doch sehr verdrüßlich, sich mit Formeln zu befassen, die gerade nur auf Fuße oder Zolle, und

dabey dann gerade nur auf Französische oder Rheinische u. dergl. eingeschränkt sind. Wenn ich auf diesem Wege hätte fortfahren wollen; so hätte ich nun wiederum besondere Formeln für den hier üblichen Leipziger Fuß einführen müssen! Auch Bossut und du Buat werden durch die neuern Maaße in Frankreich nun genöthigt seyn, ihre Formeln abzuändern.

Z. B. für den Krümmungswiderstand hat **Langsdorf** die Formel

$k = 0{,}003$. cc. S, und **Eytelwein** die Formel $k = 0{,}00387$. cc. S aus du Buats Formel $k = \frac{cc.S}{2998{,}5}$ abgeleitet. Die Verschiedenheit rührt bloß daher, daß **Langsdorf** den Pariser Fuß, **Eytelwein** den Rheinischen Fuß, und **du Buat** den Pariser Zoll als Maaßstab voraussetzt.

Um nun statt dessen eine Formel zu erhalten, die auf keinen besondern Maaßstab eingeschränkt sey, hatte ich nur nöthig 4 g. c statt cc zu schreiben, und dabey zu bedenken, daß von du Buat $4g = 724$ Pariser Zoll gesetzt wird. Das gab mir sogleich $k = \frac{724}{2998{,}5}$. c. S $= 0{,}24145$. c. S, also höchstens $k = 0{,}242$. c. S. Da nun diese Formel in jeder Seite nur eine lineäre Dimension hat; so kann man diese Dimensionen messen, nach welchem Maaßstabe man will.

§. 77.

Für den Kraftverlust, der bey Röhren entsteht, die unter einem Winkel eckig gebogen sind, finde ich noch nirgends eine Regel bestimmt, außer einer gelegentlichen Angabe bey dem Herrn Geheimen Rath **Eytelwein**, von der ich nachher beybringen werde, warum ich ihrer mich nicht bedienen konnte. Auch scheint mir der Gebrauch, welchen Hr. du Buat von

den Anprallungswinkeln macht, manchen Bedenklichkeiten unterworfen zu seyn, so oft man in einer beträchtlichen Krümmung ihrer mehrere hinter einander anzunehmen hat. Wenn aber eine beträchtlich gekrümmte Röhre in Vergleich der Krümmungslänge einen so großen Durchmesser hat, daß man nur einen einzigen Anprallungswinkel erhält; so wird dieser so groß ausfallen, daß schon nach du Buats eigener Erinnerung seine Formel unbrauchbar wird.

Gleichwohl werden wir es bey einer Wassersäulenmaschine, die ich hier berechnen will, mit Krümmungen und winklichen Biegungen von 90 Grad zu thun haben! Der einzige Versuch, welchen ich vorfinde, um bis auf künftige genauere Betrachtung der Sache, vorläufig eine Formel daraus herzuleiten, ist — freylich nur ein einziger Versuch, — aber er ist von Venturi, einem sehr geübten und sorgfältigen Hydrauliker angestellt.

Widerstand
in einer Krümmung von 90 Grad und in einem rechtwinkligen Knie.

§. 78.

In Venturi's Versuchen, nach Gilberts Annalen der Physik, Band II, Seite 462, war die Druckhöhe $a = 32{,}5$ Zoll, jede Röhre AG, fig. 6, 7 und 8, war lang $= 15$ Zoll, und hatte im Durchmesser $= 14{,}5$ Strich. Ihre Einmündung war der conischen Form des äußern Strudels gemäß. In einer Secunde floß

1) aus der ersten geraden Röhre $= \frac{4.12^3}{45}$ Kubikzoll

2) = = zweyt. gekrümmten = $= \frac{4.12^3}{50}$ =

3) = = dritten geknieten = $= \frac{4.12^3}{70}$ =

Da jeder Röhre Querschnitt hinter der Einmündung durchaus $= \frac{\pi}{4} \cdot \frac{14,5^2}{12^2}$ Quadratzoll ist, bloß mit Ausnahme der Kniegegend in der dritten; so waren in den Querschnitten der drey Röhren, die Geschwindigkeiten $'c$, $''c$ und $'''c$ genannt, und nach Zollen angegeben,

$$'c = \frac{4.12^3}{45} \cdot \frac{4.12^2}{\pi.14,5^2} = \frac{1}{45} \cdot \frac{4^2.12^5}{\pi.14,5^2}$$

$$''c = \quad \cdot \quad = \frac{1}{50} \cdot \quad \text{und}$$

$$'''c = \quad \cdot \quad = \frac{1}{70} \cdot$$

Heissen nun $'c$, $''c$ und $'''c$ die dazu gehörigen Geschwindigkeitshöhen, so ist

$$'c = \frac{1}{45^2} \cdot \frac{4^2.12^{10}}{\pi^2.14,5^4.724} = 24,781 \text{ Zoll}$$

$$''c = \frac{1}{50^2} \cdot \quad = 20,072 \quad \text{und}$$

$$'''c = \frac{1}{70^2} \cdot \quad = 10,241$$

Es ist nähmlich $4.g = 724$ in Pariser Zollen, nach welchen Venturi gemessen hat.

§. 79.

Von der ganzen Druckhöhe $a = 32,5$ Zoll
abgezogen $'c = 24,781$ "

läßt übrig $'f = 7,719$ Zoll, als denjenigen Theil der Druckhöhe, der auf die Friction weniger der Contractionshülfe verwandt wurde.

Ich sage Contractionshülfe; weil durch den Anfang der cylindrischen Röhre BD, der Ausfluß um etwas vermehrt wird, und gleichwohl durch die wohlgetrof-

getroffene Strudelform der kegelförmigen Ausmündung nur sehr wenig Contractionsverlust entstehen kann. Vorausgesetzt, wie es andere Versuche beweisen, daß Venturi durch ABGF die Form des äußern Strudels, der jenseits AG sich bildet, ziemlich getroffen habe; so wäre ohne die Röhre BG, in BF die Geschwindigkeitshöhe ziemlich = 32,5 Zoll gewesen. Wenn nun die wirklich angebrachte Röhre BG, lang 15 Zoll, nichts als Friction hinzubrächte; so heiße χ die Höhe der Geschwindigkeit, welche bey der Friction noch übrig bliebe, und φ die auf den Widerstand der Friction verwandte Druckhöhe. Dann wäre ungefähr

$$\varphi = 0{,}03 \cdot \frac{15.12}{14{,}5} \cdot \chi \text{ (§. 74); und } \varphi + \chi = a;$$

$$\text{also } \varphi + \frac{14{,}5}{0{,}03.15.12}\varphi = a. \text{ Aber } 0{,}03.15.12 = 5{,}40;$$

$$\text{also } 19{,}9.\ \varphi = 5{,}4.\ a, \text{ und } \varphi = \frac{5{,}4}{19{,}9} \cdot a = 8{,}819 \text{ Zoll.}$$

Da wir nun $'f = 7{,}719$ Zoll aus Venturi's Versuche fanden; so hätte die Contractionshülfe = 1,1 Zoll Druckhöhe betragen.

§. 80.

Da ferner $'f$, $''f$ und $'''f$, bey diesen drey Röhren von gleicher Weite und Länge, den Geschwindigkeitshöhen des Durchflusses proportional seyn müssen; so haben wir $24{,}781 : 20{,}072 = 7{,}719 : ''f$

$$\text{also } ''f = 6{,}252$$

$$\text{und } 24{,}781 : 10{,}241 = 7{,}719 : '''f$$

$$\text{also } '''f = 3{,}190$$

§. 81.

Heisse nun $''k$ der Theil von a, welcher auf den Widerstand der Krümmung in der zweyten Röhre

und $'''k$ der Theil von a, welcher auf den Widerstand der Kniebiegung in der dritten Röhre verwandt wurde; so hat man $''k + ''f + ''c = a$,
und eben so $'''k + '''f + '''c = a$:
also $''k = 32,5 - (6,252 + 20,072) = 6,176$
und $'''k = 32,5 - (3,190 + 10,241) = 19,069$

§. 82.

Hieraus erhellet nun sogleich, daß bey einerley Druckhöhe, einerley Weite und einerley Länge der Röhren, in der dritten Röhre, ihrer **rechtwinklichen Kniebiegung** wegen, ein dreymahl größerer Widerstand Statt fand, als in der zweyten Röhre, wegen ihrer **Krümmung durch** 90 Grad!

§. 83.

Mit dem Widerstande $''k = 6,176$; wird man nun zu vergleichen wünschen, was du Buats Formel $k = 0,242$. c. S. dafür gebe?

Leider ist die Zeichnung von Venturi's zweyter Röhre fig. 7, die doch in Gilberts Annalen mit völliger Genauigkeit nach Venturi's eigner Zeichnung abgenommen ist, offenbar nicht zutreffend mit den Angaben, daß ihr Durchmesser = 14,5 Strich, und ihre Länge = 15 Zoll war. Eben daher wird auch aus ihr die wirkliche Anzahl der Anprallungswinkel nicht mit einiger Sicherheit abzunehmen seyn.

Gesetzt aber sogar die Krümmung so kurz, daß nur ein einziger Anprallungswinkel statt gefunden hätte; so wäre dann dieser = 45 Grad, und $S = 1. \sin 45^2 = \frac{1}{2} = 0,5$; also nach du Buats Formel $''k = 0,121. 20,072 = 2,068$; da wir hingegen das obige $'k = 6,176$, also dreymal größer gefunden haben!

Freylich hat du Buat selbst schon erinnert, daß für Anprallungen von mehr als 36, höchstens 40 Grad, seine

seine Formel zu wenig giebt; aber sogleich um das dreyfache müßte der Fehler doch wohl für 5 bis 9 Grad Ueberschuß nicht betragen können; wenn die Formel ohne solchen Ueberschuß zutreffend wäre! Daher scheint Venturi's Versuch gegen du Buats Formel zu streiten, selbst auch wenn wir annehmen wollten, daß in Venturi's Krümmung nur ein Anprallungswinkel Statt gefunden habe.

§. 84.

Aber wahrscheinlich hatte Venturi seine Röhre so kurz nicht gekrümmt; der große Unterschied in §. 82. scheint mir nur bey einer längeren Krümmung vorfallen zu können. Gesetzt nun die Krümmung so lang, daß zwey gleiche Anprallungswinkel α, in ihr anzunehmen waren, so war $\alpha = \frac{1}{4} . 90 = 22\frac{1}{2}$ Grad; also log sin $\alpha = 9{,}5828397 - 10$,

folglich log sin $\alpha^2 = 0{,}1656794 - 1$

und log 2 $= 0{,}3010300$

Also log S $= 0{,}4667094 - 1$;

welches $S = 0{,}293$ giebt, also fast nur halb so groß als vorhin, da wir $\alpha = 45°$ angenommen hatten!

War also Venturi's Röhre wirklich so allmählig gekrümmt, daß man zwey gleiche Anprallungswinkel in ihr anzunehmen hatte; so würde nach du Buats Formel der Krümmungswiderstand zwischen 5 und 6 mal kleiner sich ergeben, als wir aus Venturi's Angaben berechnet haben! Gleichwohl sollte nun du Buats Formel ihre völlige Anwendung finden, da nunmehr der Anprallungswinkel nur $22\frac{1}{2}$ Grad ist!

§. 85.

Du Buat hat seine Formel aus seinen 104ten Versuche abgeleitet, und sie dann bey ihrer Anwendung auf mehrere andere Versuche ziemlich zutreffend gefun-

gefunden. Die genaue Beschreibung seiner Versuche haben wir erst im dritten Theile seiner Hydraulik zu erwarten, da sich dann vielleicht herausfinden läßt, warum die Formel bey jenen Versuchen zutraf, und gleichwohl Venturi's Versuch so sehr davon abweicht.

Bis dahin kann man bloß Vermuthungen anstellen, und nach der meinigen, dürfte das Fehltreffen jener Formel hauptsächlich in dem Gebrauche der Anprallungswinkel stecken, welchen du Buat bey ihr zum Grunde legt.

Die Bestimmung der Anprallungswinkel wird auf den bekannten physikalischen Lehrsatz gegründet, daß der Ausfallswinkel dem Einfallswinkel gleich sey. Wenn wir nun auf die Gründe dieses Satzes sehen: so ist er offenbar nur für den Fall erwiesen, daß ein einzelner Körper gegen eine Ebne stößt, und von derselben zurückgeworfen wird, ohne durch andere Körper neben ihm, weder in seinem Aufstoßen, noch in seinem Rückgehen gestört und gehindert zu werden. Beydes findet bey Wasser, das in einer Röhre fließt, und auf die krumme Wand derselben stoßen soll, nicht Statt. Höchstens sind es nur sehr wenige Wasserfäden, welche auf die Röhrwand, unter dem dadurch für sie bestimmten Winkel aufstoßen können; und kein einziger kann, wie jener einzelne Körper, nach dem Stoße unter gleichem Ausfallswinkel sich weiter bewegen. Die Verhinderung dieser beyden Bedingungen jenes physikalischen Lehrsatzes wird auch, bey gleich großen und gleich langen Krümmungen der Röhre, desto merklicher werden, je größer ihre Durchmesser in Vergleich der genannten Länge sind.

Aus diesen Gründen, die ich hier nur äußerst kurz berührt habe, muß ich zweifeln, daß man eine richtige Formel für k finden könne, die von den Verhält-

hältnissen zwischen dem Durchmesser der Röhre, der Länge ihres gekrümmten Theiles, und von der Krümmungsgröße, in so geringem Maaße abhängig sey, als es du Buats Formel durch die für sie betrachtete Bricolen-Zahl nur ist.

§. 86.

An eben diesem Orte (Grundlehren der Hydraulik §. 104 No. 2.) äußert Hr. du Buat eine Meinung, die bey Erbauung der Wassersäulenmaschinen ebenfalls in Betrachtung kommt; daher ich sogleich meine Zweifel dagegen mittheilen will.

„Wenn der Anprallungswinkel über 36 bis 40 „Grad war, so wurde der Widerstand beträchtlich „größer, welches wahrscheinlich nicht erfolgt seyn „würde, wenn wir die Vorsicht gehabt hätten, in „der Krümmungsgegend die Querschnitte der Röhre „zu vergrössern, wie dieses die Natur bey den Flüssen „beobachtet.“ — Weil bey einem Flusse durch Krümmung des Ufers seine Geschwindigkeit vermindert wird, so wird er seinen Stromdurchschnitt eben deshalb vergrössern, gesetzt auch, daß durch die, mit dieser Verbreitung verbundene Geschwindigkeitsverminderung, mehr Kraftverlust entstände, als es vielleicht der Fall gewesen wäre, wenn er, um und um eingeschlossen, sich nicht hätte ausbreiten können. Daher scheint mir aus dem, was die Natur bey einem ziemlich freien Flusse zu thun nicht gehindert wird, keine Folge auf eine weise Röhreneinrichtung statt zu finden, wo man den Nachlaß der Geschwindigkeit, dessen abermahlige Erzeugung einen Kraftaufwand erfordern würde, durch Röhrenwiderstand verhindern kann. Es muß vielmehr die Sache für sich allein betrachtet werden.

Durch Erweiterung der Röhre in der Krümmungsgegend, werden nun freylig die Stromfäden Raum erhalten sich einander auszuweichen, und daher gleich anfangs unter weniger großen Winkeln sich hinderlich fallen. Aber da doch einmahl die sämmtlichen Wassertheile um so viel, als die Krümmung es mit sich bringt, in ihrem Laufe sich ändern müssen; so dürfte es eine bloße Verspäterung des dazu erforderlichen Kraftaufwandes ausmachen, was man durch Erweiterung der Röhren erhält. Oder gesetzt auch, daß es hier ein erwünschtes Minimum gäbe: so würde dieses doch so schwer zu treffen seyn, daß ich — die praktische Schwierigkeit einer solchen Röhrenerweiterung dazu genommen — es für das rathsamste halte, nur dafür zu sorgen, daß auch in der Krümmung die Weite der Röhre, (ihr Querschnitt, der auf die centrische Linie normal ist,) unverändert bleibe; wodurch allem schädlichen Geschwindigkeitswechsel mit Gewißheit vorgebeugt wird, und einige vortheilhafte Geschwindigkeitsvermehrung sogar zu erwarten ist. Da letztere darum: weil beym Anfange der Krümmung eine Art von Contraction entsteht, und daher der folgende Röhrentheil, wenn er cylindrisch bleibt, wie eine vortheilhafte Ausmündung wirken kann. Bringt man aber Divergenz und Convergenz in die Röhrwand, so wird die letztere wie eine schädliche Ausmündungsform wirken können.

§. 87.

Nach den Betrachtungen in §. 83 — 85, muß ich es nun, bis auf künftige nähere Untersuchung der Sache von mir oder Andern, für das beste halten, bey Berechnung der Säulenmaschine den Krümmungswiderstand in ihren Krümmungen von 90 Grad, besonders da diese Krümmungen in Vergleichung mit der Weite ihrer Querschnitte nur kurz sind, wenig-

wenigstens dreymahl größer anzusetzen, als die Formel $k = 0{,}242 . c . \mathfrak{S}$ welche ich aus der gewöhnlichen von du Buat hergeleitet habe, ihn angeben würde.

§. 88.

Für winklige Biegung der Röhre hat man noch keine Formel bis jetzt versucht. Wollen wir uns, ebenfalls bis auf künftige genauere Bestimmung der Sache erlauben, für rechtwinkliche Kniee, aus dem einzigen Versuche von Venturi (§. 78.) eine Formel abzuleiten unter der Voraussetzung, daß sie der Form $k = m . c$ unterworfen sey: so haben wir nach unserer Berechnung des Versuches

$'''k = 19{,}069$ Zoll, bey $'''c = 10{,}241$ Zoll;

also $m = \frac{19{,}069}{10{,}241} = 1{,}86$, und daher $k = 1{,}86 . c$.

Für diejenigen Fälle nämlich, auf welche ich diese Formel in der Folge anwenden werde, dürfte die Voraussetzung ziemlich erlaubt seyn, weil in diesen Fällen auch noch die Durchmesser der Röhren ziemlich klein sind. Sonst aber vermuthe ich allerdings, daß die allgemeine Formel eine Function von der Weite der Röhren seyn muß, und der Widerstand in der Kniebiegung mit größerer Weite der Röhre vermuthlich etwas verringert wird: ob es gleich bey Krümmungen sich anders verhält.

Rücksicht auf Eytelweins Folgerung aus Venturi's Versuche.

§. 89.

Sey daher h die Druckhöhe, durch welche eine Geschwindigkeit $c = \sqrt{4 g . h}$ verursacht wird, nachdem man von der überhaupt vorhandenen Druckhöhe den Frictions- und Verengerungs-Widerstand schon abge-

abgezogen hat; so ist $h = k + c = (1{,}86 + 1) . c = 2{,}86 . c$, also $c = \frac{h}{2{,}86}$.

Wenn ferner h die der Höhe h zugehörige Geschwindigkeit bedeutet; so ist auch $cc = \frac{hh}{2{,}86}$, und

$c = \frac{1}{r\,2{,}86} \cdot h = 0{,}5913 . h$; daß also durch das Knie noch etwas über $\frac{4}{10}$ von derjenigen Geschwindigkeit verloren geht, die ohne Knickung Statt finden würde.

Der Herr Geh. Rath Eytelwein, Seite 226 seines schon oft erwähnten Handbuches, hat den Verlust nur $= \frac{5}{14} = 0{,}34$, also um etwas geringer gefunden. Es ist aber dort nicht auf den Verlust durch Friction geachtet, der bey der geradelinigen und bey der geknieten Röhre vorfallen, und noch dazu bey der geradelinigen beträchtlich größer seyn mußte, wegen der größern Geschwindigkeit ihres Durchflusses.

§. 90.

Daß eine ähnliche Versäumniß auch bey du Buats Begründung seiner Formel vorgefallen seyn sollte, ist mir nach manchen Nebenangaben nicht wahrscheinlich; ob man gleich, bey der Kürze womit Er bis jetzt nur vorläufig über die Versuche sich ausgedrückt hat, nicht zur völligen Gewißheit kommen kann. Wahrscheinlicher ist es mir, daß die Krümmungen seiner Röhren in Vergleich ihres Durchmessers einen großen Krümmungshalbmesser hatten; und daher der geringe Krümmungswiderstand rühren mochte, auch sein Gebrauch der Anprallungswinkel ziemlich zutreffend ausfallen konnte.

Achtes Kapitel.

Einige Bemerkungen über die Theorie der Saugwerke.

§. 91.

Um die Theorie des 11ten Kapitels nachher auf eine wirkliche, hier erbaut gewesene Wassersäulenmaschine ohne weitere Unterbrechung anwenden zu können, werde ich einiges von der Kraft und Last und Masse ihres Pumpenwerkes im voraus berechnen müssen. Dieses soll im nächsten Kapitel geschehen; und eben dadurch sehe ich mich veranlaßt, in dem gegenwärtigen über die dazu erforderliche Theorie einige Bemerkungen voran zu schicken.

§. 92.

— — „Bey der Theorie der Pumpen und Wasserräder will ich mich hier nicht verweilen. Ungeachtet der angestrengten Bemühungen, welche die „größten Mathematiker darauf verwandt haben, ist „sie gleichwohl noch sehr unvollkommen, oder doch „von wenig Nutzen für die Praxis;" — — sagt Herr Daubuisson in seinem Werke: Des Mines de Freiberg en Saxe, et de leur exploitation, 1801, Tome I, pag. 250.

Wenn sich die Sache so verhält, so muß man Bedenken tragen, ein Pumpenwerk dynamisch berechnen zu wollen. Denn soll die Theorie solch eine Rechnung zu leisten vermögen, so muß sie im Stande seyn, den Mechanismus der Maschine im Ganzen und im Einzelnen zu überschauen, die Kraft, welche zu ihrer Betreibung erfordert wird, von ihrer ersten Anlage an, bis zu ihrer letzten beabsichtigten Wir-

kung hin zu verfolgen, und alle beträchtlichen Bewegungshinderniſſe nicht nur von einander zu unterſcheiden, ſondern mit ziemlicher Genauigkeit auch zu ſchätzen wiſſen. Wenn aber ſo etwas die Theorie vermögen ſoll, ſo muß ſie ſicherlich auf ihren niedrigeren Stufen ſchon im Stande geweſen ſeyn, mancherley Regeln und Gränzen für die zweckmäßige Einrichtung der Maſchine zu beſtimmen, auf einige Arten ihres Kraftverluſtes aufmerkſam zu machen, und für beydes mancherley Winke zu liefern, die der Praktiker wohl zu beachten Urſach gehabt hätte.

Herr Daubuiſſon, den ich bis jetzt hauptſächlich nur aus dem angeführten Werke kenne, hat darin nur einmahl eine beſtimmte calculatoriſche Anwendung der Mathematik auf das hieſige Maſchinenweſen verſucht; denn die Abſicht ſeines Buches brachte es ſo mit ſich, nur kurze hiſtoriſche Beſchreibungen von einigen Maſchinen zu geben. Bey jener Anwendung iſt Er in einige Uebereilungen gerathen, und dadurch Seite 228, Band III. ſeines Werkes, auf den Ausſpruch gekommen, daß ein hieſiges (ſtark und gut gekröpftes) unterſchlägiges Rad zehnmahl mehr Aufſchlagewaſſer, als ein oberſchlägiges für einen ziemlich gleichen Effect verbrauche!

Gleichwohl iſt es von Herrn Daubuiſſon bekannt, daß er durch anderweitige Abhandlungen als einen guten Mathematiker ſich bewieſen hat, und auch das hier erwähnte Buch zeigt ihn als einen Mann von ruhmwürdigen Kenntniſſen und Talenten, der namentlich den Vortrag unſers Herrn Bergrathes Werner ſehr geſchickt zu benutzen wußte, um von dem Bergbau in dem nächſten Freyberger Reviere eine vorläufige Ueberſicht zu geben, die meines Erachtens ungemein gut abgefaßt iſt, und beſonders fremden Durchreiſenden ſehr willkommen ſeyn wird.

Wer es weiß, mit welcher raſtloſen Thätigkeit Herr Daubuiſſon in den Jahren ſeines hieſigen Aufenthaltes auf mancherley Weiſe gearbeitet hat, wird jene Uebereilung ſehr verzeihlich finden. Mir aber wird Er es gewiß auch zu Gute halten, daß ich, der ich hier Theorie jetzt zu lehren und zu vertreten habe, auf die obige Herabwürdigung derſelben das meinige zu erwiedern ſuche.

Unſere verehrungswerthen Nachbaren am Rheine, die ich wirklich ſehr hoch ſchätze, dürften ſehr zu entſchuldigen ſeyn, wenn ſie etwa der Meinung wären, daß es in der angewandten Mathematik, nach Ausnahme der Aſtronomie, nicht viel für ſie in Deutſchland zu beachten gebe. Auch mittelmäßige, auch ſchlechte franzöſiſche Bücher dieſer Art, werden — durch deutſche Induſtrie — überſetzt, und von der großen Maſſe des Publicums, die in Deutſchland, wie allenthalben, für ſchwierige Wiſſenſchaften ziemlich unmündig iſt, auch gekauft.

Indeſſen ſcheint doch unter unſern eigentlichen Mathematikern das Urtheil zu beſtehen, daß die Deutſchen in der Theorie des Maſchinenweſens, und ſelbſt auch in der hydrauliſchen, einen entſcheidenden Vorzug vor ihren Nachbaren erarbeitet haben. So urtheilen zwey vorzüglich zuverläſſige Männer, Eytelwein und Kosmann, in der Ueberſetzung von du Buats Hydraulik 1796, Seite 586, wo auch deſſen Theorie der Pumpenwerke überſetzt wird.

Allerdings ſind die ſchönen und zum Theil ſehr koſtſpieligen Verſuche für die Hydraulik, und die ſcharfſinnigen Folgerungen aus ihnen, wie ſie Boſſut, du Buat, Venturi und andere in Frankreich und Italien mitgetheilt haben, von den Deutſchen mit eifrigem Danke anerkannt, aber zugleich auch mit eigenem Urtheile begleitet, hie und da beträchtlich modi-

ficiert, und namentlich durch Langsdorf, Eytelwein, Woltmann ꝛc. anstelliger für die Praxis gemacht.

Bey Bossuts Lehrbegriff der Hydrodynamik ist es ebenfalls in der deutschen Uebersetzung sogleich erinnert, daß einige für die Ausübung wichtigen Stücke der Pumpentheorie von dem Verfasser gar nicht berührt sind, andere aber etwas anders als es von Ihm geschehen ist, zu behandeln seyen; und ich muß bey dieser Gelegenheit noch mit anführen, daß in Bossuts Schlüssen auf seine Hauptgleichung für die Saugwerke, mehrere Fehler vorgefallen sind, die zum Theil nur glücklicherweise und unvermerkt sich wieder aufgehoben, zum übrigen Theile aber eine Gleichung hervorgebracht haben, die nun weder algebraische noch physikalische Richtigkeit hat. Daß auch dem scharfsinnigen Uebersetzer, Langsdorf, dieses unbemerkt geblieben ist, erscheint mir, nebst unzähligen ähnlichen Nichtbeachtungen der größten Mathematiker, als eine Folge aus dem Umstande, daß man überhaupt in der Theorie und in dem Gebrauche des Bejahten und Verneinten noch nicht gehörig aufs reine gekommen ist; wobey ich doch hier wohl anführen darf, daß auch dieser Mangel ebenfalls in Deutschland zuerst bemerkt, und von Lambert sogleich anerkannt ist. Uebrigens werde ich dieses hier geradezu in der Kürze behaupten dürfen, da ich bereits in zwey kleinen Schriften mich umständiger darüber geäußert habe. Im zweyten Bande der zweyten Schrift bleibt mir vielleicht Raum übrig, um meine eben angeführte Erinnerung gegen die Hauptgleichung für die Saugwerke bey Bossut zu erweisen. (Man sehe den Anhang, am Ende dieses Buches.)

Es gehörte zu meiner Sache, über Einen Bossut und du Buat dieses hier zu sagen; zugleich aber muß

ich

ich noch hinzufügen, daß ich überhaupt sie beyde, als zwey der einsichtsvollsten und sehr gewissenhaften mathematischen Schriftsteller, recht innig liebe und hochschätze.

Prony, ebenfalls ein trefflicher, viel überschauender Mathematiker, hat bis jetzt über die Wasserhebungsmaschinen nur mitgetheilt, was bloß ihren statischen Zustand betrifft; Architectura Hydraulika nach Langsdorfs Uebersetzung, Band I, Seite 339. ꝛc. Die von Ihm dabey befolgte, sehr gewöhnliche Vorstellung, daß der Kolben die Wassersäule unter sich bis zum Spiegel des äußern Unterwassers hin, gleichsam zu tragen habe, wird von Ihm vermuthlich in der Folge sorgfältig auf einen bloß eingebildeten statischen Zustand der Maschine eingeschränkt werden. Denn sollte diese Vorstellung auch, wie es aus dem dortigen Vortrage, Seite 346, §. 664, fast den Anschein haben könnte, für die noch zu erwartende Betrachtung des wirklichen Mechanismus zur Grundlage dienen; so würde selbst auch Prony's Theorie für einige Fälle merklich unrichtig, für alle aber undeutlich ausfallen müssen.

§. 93.

Gewiß genug sind schon in Frankreich mancherley nützliche Lehren für die Pumpwerke, und noch mehrere in Deutschland aufgestellt, die in hohem Grade richtig, und von der Beschaffenheit sind, daß die Practiker großen Nutzen davon haben würden, wenn sie die gehörige Rücksicht darauf nehmen wollten. — (Ja, wenn denn einmahl ein unseeliger Krieg zwischen Theorie und Praxis fortdauern soll; so behaupte ich, daß jene, namentlich in Deutschland bereits weit genug gediehen ist, und fest genug steht, um über jeden, der nach bloßer unzergliederter Erfahrung fortzubauen sucht, den Sieg davon zu tragen. Ver-

nünftiger ist es aber, und für das Beste der Sache ungleich zuträglicher, daß beyde, Theoretiker und Practiker einander in Ehren halten.)

§. 94.

Eben so gewiß ist meines Erachtens freylich selbst auch von den vorsichtigen Deutschen, in der schwierigen Theorie des Maschinenwesens manches hie und da noch nicht gehörig beachtet, auch wohl unrichtig aufgefaßt worden; so daß ich, aufrichtig gestanden, noch kein einziges Buch, selbst auch von Karsten, Langsdorf, Eytelwein, Klügel, Pasquich, Baader, Woltmann, und noch einigen ihnen ähnlichen Schriftstellern nicht aufzuweisen wüßte, das ich durchaus als richtig gegen scharfsichtige Nachbaren vertheidigen möchte. Man wird sich noch lange gegenseitig zu verbessern haben.

Von den folgenden fünf Bemerkungen, werden die vier letztern noch neu seyn. Die erste ist von Andern vor mir schon befolgt worden, und mußte nur wegen ihres Zusammenhanges mit den übrigen hier mit aufgeführt werden.

I.

§. 95.

Ehemahls war man zufrieden, die Maschinen nur statisch, geostatisch, hydro- und aerostatisch zu betrachten, und noch gegenwärtig pflegt man in mancher so genannten Mechanik dabey stehen zu bleiben. Schon vor 50 Jahren erinnerte Euler, daß auf diesem Wege nur eine sehr kümmerliche, und für die Praxis nicht sehr brauchbare Theorie gewonnen wird, sondern die Maschinen in dem Zustande ihrer Bewegung durch gehörige Anwendung einer wirklichen Mechanik zu betrach-

trachten seyen, die zum größten Theile in der so genannten höheren Mechanik besteht, zu der Er selbst nebst Daniel und Johann Bernoulli die erste Bahn so meisterhaft gebrochen hat.

Wenn man nun die Saugpumpen bloß hydrostatisch betrachtet; so ist es freylich dafür von keinen unrichtigen Folgen, sich die ganze Wassersäule unter dem Kolben, im Stiefel und in der Saugröhre bis zum Spiegel des Unterwassers hin, als eine Säule zu denken, die gleichsam an dem Kolben hange, und von ihm müsse getragen werden. Daß man sich dieses so vorstellen könne, ist am Ende fast die ganze Erobe-rung, die man durch eine bloß statische Betrachtung der Saugwerke nur abzureichen vermag.

Schlechterdings aber muß man sich hüten, diese Vorstellung auch für die Mechanik der Pumpen beyzubehalten, und ihr gemäß zu sagen: der aufsteigende Kolben habe unter sich jene Wassersäule zu beschleunigen.

Wahr ist in dieser Behauptung, daß nur so gut als diese Wassermasse unterhalb dem Kolben zu beschleunigen ist; denn die mit erforderliche Beschleunigung des Unterwassers im Satzkästchen selbst, kann bey seiner gewöhnlichen Weite als unbeträchtlich beseitigt werden.

Indessen ist es doch unrichtig, daß die Kraft am Kolben die Beschleunigung in dieser Wassersäule zu bewirken habe; sondern sie muß ja durch den Druck der Atmosphäre auf den untern Wasserspiegel bewirkt werden.

II.

§. 96.

Von dem Gewichte des Kolbens und seiner Zugstange wird man sich geneigt finden, geradezu so viel abzuziehen, als das Wasser wiegt, welches seine Stelle einnehmen würde.

Dieses hat auch seine gute Richtigkeit bey dem Niedergehen des Kolbens, da er solches Wasser wegdrücken muß, welches von dem Boden des Stiefels, nachdem er durch Zufallung des Saugventiles verschlossen ist, völlig getragen wird.

Wie aber, wenn der Kolben steigt?

Da würde fürs erste, dasjenige Wasser, welches oberhalb dem Kolben von der Zugstange weggedrückt wird, auch wenn es nicht weggedrückt würde — wie wenn die Zugstange eine mathematische Linie ausmachte — gleichwohl von der Oberfläche des Kolbens selbst müssen getragen werden, nicht aber von dem Boden des Stiefels; denn jetzt ist ja das Kolbenventil nicht mehr geöffnet. Hieraus erhellet, daß das ganze Gewicht der Zugstange nebst dem Wasser, welches sie umgiebt, von derjenigen Kraft muß getragen werden, welche den Kolben zum Steigen bringt.

Was fürs zweyte den Kolben selbst betrifft; so wird von ihm nur Wasser weggedrückt, Falls das ihm nachfolgende aufgesogene Wasser, von dem Atmosphärendrucke auf dem Wasserspiegel im Satzkästchen, der ja eigentlich das so genannte Saugen bewirken muß, hinreichend beschleunigt ist; nicht nur so viel, als erfordert wird, um keinen leeren Raum unter dem Kolben zu lassen, sondern auch so stark, daß gegen den steigenden Kolben wenigstens noch

so

so viel Druck ausgeübt wird, als erforderlich seyn würde, um den Kolbenraum mit Wasser ausgefüllt, zu tragen.

Ist dieses nicht der Fall, so ist schon deshalb gar nichts für solch einen nicht vorhandenen Wasserdruck von unten auf, der Last am Kolben zu gute zu rechnen.

Ist es aber der Fall, so wird, was dem Kolbenhube zu gute kommt, seiner Natur und Entstehung nach schon zu demjenigen Drucke gehören, den man wegen des aufwärts treibenden, aufsteigenden Wassers nach I) anzurechnen hat: und es muß dieses nicht zweymahl in Rechnung gebracht werden.

III.

§. 97.

In den Saugsätzen, welche ich hier zu betrachten habe, hatten die Kolben eine neue, ungewöhnlich gebliebene Einrichtung erhalten. Sie waren nur einmahl in ihrer Mitte durchlocht; und während derjenigen Beobachtung wenigstens, nach deren Angabe ich hier rechnen werde, scheint diese Lochung noch völlig cylindrisch gewesen zu seyn.

Da ihr Durchmesser nur = 3,05 Zoll, der Durchmesser des Stiefels aber = 10,6 Zoll hatte; so wird die relative Geschwindigkeit des übrigen Stiefelwassers, gegen die weit größere, mit welcher die Kolbenlochung durchstiegen wird, in keine Betrachtung kommen, und deshalb ohne weitere Verminderung $\sigma = \frac{cc}{BB.4g}$ zu setzen seyn, wenn c die eben genannte Geschwindigkeit in der Kolbenöffnung, und σ die hydrostatische Höhe des Druckes bedeutet, von

welcher diese örtliche Geschwindigkeitsvermehrung erzeugt wird, indem durch $\beta\beta$ der Theil von ihr in Anschlag gebracht wird, welcher wegen des Kraftverlustes in der Contraction hinzukommen muß.

§. 98.

Hierbey habe ich nun folgende Betrachtungen in Erwägung zu bringen.

a) Einige meiner Leser dürften bemerken wollen, daß ja bey niedergehendem Kolben das Stiefelwasser unter ihm gar keine Geschwindigkeit habe, daher schon deshalb, auch wenn die Kolbenlochung gegen die Stiefelweite beträchtlicher wäre, dennoch die Kraft zur örtlichen Geschwindigkeitsvermehrung nicht kleiner als $\frac{cc}{\beta\beta.4\gamma}$ seyn würde. Die meisten übrigen Leser werden sich indessen durch meine Erwähnung einer bloß relativen Geschwindigkeit schon erinnert finden, daß die niedergehende Kolbenfläche neben der Lochung eine gewisse Geschwindigkeit C hat, und diese Geschwindigkeit derjenigen zu Hülfe kommt, mit welcher das Wasser durch die Lochung aufsteigen muß. Diese Bemerkung ist für die Praxis beachtungswerth. Es erhellet daraus, daß durch Erweiterung der Lochung, bey einerley Stiefelweite, der Kraftaufwand aus zweyerley Gründen vermindert wird, nicht nur dadurch, daß alsdann c geringer wird, sondern auch dadurch, daß alsdann in dem vollständigeren Ausdrucke

$$\sigma = \frac{cc}{\beta\beta.4g} - \frac{CC}{4g}$$ (§. 70.) das verneinte Glied

eine beträchtliche Größe erhält.

b) Für die Contractionszahl β wird man hier die Zahl 0,81 ansetzen wollen, weil man hier eine so genannte vortheilhafte cylindrische Einmündung hat. Aber aus den Gründen in §. 71. wird es hier bey $\beta = 0{,}62$ bleiben müssen.

IV.

§. 99.

Der Kraftaufwand, welchen das Ventil verursacht, sollte er nicht sehr unvollständig und unbrauchbar geschätzt werden, wenn man namentlich mit einigen französischen Schriftstellern behauptet, daß es dabey bloß auf die Verengerungen ankomme, welche seinetwegen im Durchflusse entstehen?

Gesetzt fürs erste, der Durchschnitt in dem engsten Durchflusse bey der Ventilklappe sey schon bekannt; ist es dann genug, bloß die Größe der Kraft zu finden, welche den für diesen Durchschnitt erforderlichen Geschwindigkeitszuwachs hervorzubringen vermag? So mag es auf den ersten Anblick scheinen! Die Ventilklappe wird ja dann — so muß man hier geschlossen haben — durch den hydraulisch-statischen Seitendruck des verengten Stromes in ihrer beharrlichen Oeffnung erhalten. Wenn wir nun die Kraft, welche zur Verengerung des Stromes nöthig ist, anzugeben wissen, so brauchen wir uns mit der schwierigen Bestimmung jenes Seitendruckes nicht zu befassen, sondern es ist genug, die Größe der Kraft zu wissen, von welcher die Bewegung hervorgebracht wird, aus der er sich erzeugt! Aber man bedenke die Lage, in welcher sich die Ventilklappe dem durchfließenden Strome entgegensetzt, und wie stark sich ihrentwegen der Strom biegen oder doch krümmen muß; so erhellet, daß selbst auch bey beträchtlicher Verengerung des Stromes, die einen beträchtlichen hydraulisch-statischen Seitendruck verursachen kann, dennoch der Centrifugaldruck des Stromes einen großen Theil der Kraft ausmachen muß, von welcher die Klappe in ihrer Schwebung erhalten wird. Dieser Centrifugaltrieb wird nun aber von dem Widerstande der Klappe auf-

aufgehoben, oder wie man zu sagen pflegt, vernichtet. Gleichwohl machte er einen beträchtlichen Theil des Triebes aus, dessen der Strom bedurfte, um durch die Saugröhre zu steigen, und dessen er fernerhin bedarf, um jenseits des Ventiles in der Kolbenröhre zu steigen. Dieser vernichtete Trieb muß daher von neuem erzeugt werden, und dazu ist neue Kraft nöthig. Ferner hat der übrig gebliebene Trieb des Stromes eine solche Ablenkung von seiner nöthigen Richtung erhalten, daß er bey seiner abermahligen Einlenkung in diese steigende Richtung, abermahls durch Centrifugaldruck auf die Stiefelwand sich verwirken muß. Auch diese Entkräftung erfordert neuen Krafterſatz. Aus solchen Gründen erscheint mir die erwähnte Schätzung sehr unvollständig, auch wenn die Verengerung des Stromes in oder bey dem Ventile schon bekannt, und in so fern diese Schätzung brauchbar wäre.

Wenn aber, wie es doch der gewöhnliche Fall ist, nur das Gewicht der Ventilklappe, nebst der Geschwindigkeit des Stromes in der Ventilröhre (der Röhre, durch welche der Strom gegen die Klappe sich ausmündet,) gegeben sind; so muß hieraus und dem einigermaßen geschätzten Widerstande des etwanigen elastischen Gewindes, oder auch des festen Sperrgewindes, aus der Lage und Größe des Ventiles nebst der Röhrwand u. s. w. jener engste Durchschnitt des Durchflusses erst gefunden werden; und diese Auffindung scheint mir äußerst schwierig zu seyn.

§. 100.

Ehe ich meine Entwürfe für die dynamische Betrachtung der Ventile verfolge, wünsche ich von den Recensenten dieser Schrift gütigst angezeigt zu sehen, ob ihnen etwa irgendwo im Inn- oder Auslande Behandlungen der Ventile bekannt seyen, die ihnen Genüge gethan hätten, oder doch als die besten unter

den

den bisher bekannten die meiste Aufmerksamkeit verdienen? Zwar habe ich bereits zwey Abhandlungen über die Muschel- und Klappenventile aufgesetzt. Die erste, De ianua spiritali, conchatam, quam dicunt, commodius temperanda, ist in der Göttingischen Societät der Wissenschaften im December 1800 verlesen; die zweyte handelt von rathsamer Proportionirung und Stellung der Klappenventile.

In beyden ist aber bloß von der Stellung und Größe der Ventile die Rede, wodurch ohne Besorgniß ihres allzulangsamen Zufallens, die Verengerung des Durchflusses vermieden wird, und wofür namentlich Belidors Proportionirung nicht die schicklichste ist. Der Hr. Rath Langsdorf fordert in seinem Lehrbuche der Hydraulik §. 435, die Klappenventile müssen allemahl so angebracht seyn, daß die allgemeine Weite in der Steigröhre nicht verengt werde; und es gereicht zu meiner Beruhigung, daß meine angeführten Abhandlungen mit der Forderung dieses berühmten Mathematikers sehr übereintreffen. Wenn aber dieser Forderung wegen, von Ihm nachher, so viel ich mich erinnere bemerkt zu haben, für die Ventile gar kein Kraftaufwand angerechnet wird; so ist Er auf diese Meinung vielleicht durch die oben angeführte Schätzungsart bey französischen Schriftstellern gebracht worden.

Für die Ventile des Kunstgezeuges, welches wir im zehnten Kapitel berechnen wollen, und namentlich für seine Stöckelventile wird sich sogleich ergeben, daß nur eine sehr unbeträchtliche Verengerung bey ihnen zu entstehen brauchte. In diesem Falle konnte der hydraulisch-statische Seitendruck zur Aufhaltung der Klappe nur unbeträchtlich mitwirken, und es mußte vielmehr die Klappe so gut als gänzlich durch den Centrifugaldruck in ihrer größten Erhebung erhalten werden.

Da

Da sich nun ferner sogleich ergeben wird, daß ihr größter Erhebungswinkel ε nur höchstens 26½ Grad gewesen seyn mag, so wird es uns, zu einer leichten ungefähren Abreichung der Sache, erlaubt seyn, den Centrifugaldruck geradezu $= \frac{cc}{4g}$. W. γ. cos ε ℔ zu setzen, wo c die Geschwindigkeit des Stromes in der Saugröhre, $W = \frac{\pi}{4}$ dd den horizontalen Durchschnitt der Saugröhre (deren Durchmesser = d Fuß ist), und (nach §. 61.) γ = 50 ℔, 4g = 64,5 Leipziger Fuß bedeutet. (Man sieht, daß wir hiermit den Centrifugaldruck dem Drucke gleich setzen, welchen der isolirte Strom aus der Ventilröhre gegen die Ventilklappe nur ausüben würde, wenn diese Klappe gerade der ellyptischen Fläche gleich wäre, welche unter der Neigung ε gerade nur alle Strahlen des Stromes auffienge, ohne sie noch auf sich verbreiten zu lassen.)

Fig. 5. Sey nun FB die Lederscheibe eines bey uns gewöhnlichen Stöckelventiles, wie sie auf der obersten Fläche FD der Saugröhre angebracht wird; und ε = BFD sey der Winkel, welchen die Scheibe in ihrer größten Erhebung mit FD macht. Sey ferner = a ℔ das Gewicht der Scheibe nicht nur, sondern auch die Summe aus dem relativen Gewichte a. cos ε der Scheibe, womit sie nach der auf FB normalen Richtung, ihres Gewichtes wegen bey jeder Erhebung ε zu fallen strebt, sammt dem Falltriebe welchen die Elasticität ihres ledernen Gewindes ihr beybringt, (der ja doch mit ε zunimmt, indem das relative Gewicht mit cos ε abnimmt): so haben wir

$$a = \frac{cc.}{4g} \cdot W \gamma . \cos \varepsilon,$$

und darin $W = \frac{\pi}{4}$ dd.

Sey

Sey nun = E die hufförmige Fläche, welche unter der erhobenen Klappe, zwischen ihr und der innern Wand der Saugröhre, den Durchschnitt des engsten Durchflusses bestimmt; so ist beynahe π d. $\frac{1}{2}$ d. tang ε = E, daß also um E = W zu geben, nur tang ε = 0,5, also $\varepsilon = 26\frac{1}{2}$ Grad zu seyn braucht.

Folglich ist cos ε = 0,89.

§. 101.

Für das Kunstgezeug im zehnten Kapitel, ist $c = \left(\frac{0,883}{0,308}\right)^2 \cdot 0,473$, und $W = \frac{1}{4}\pi . 0,308^2$, welches 0,72 ℔ für a giebt; und dieses dürfte so ziemlich mit dem Widerstande übereintreffen, den das Gewicht solcher Ventilklappen, nebst der Widerstrebung ihres ledernen Gewindes, dem Strome der Saugröhre nur entgegen zu setzen braucht.

Da man aber diese Klappen etwas stärker zu beschweren pflegt, auch der Strom sehr abgelenkt wird, und in die Kolbenröhre hinein wiederum umgelenkt werden muß; so werden wir immerhin wenigstens $= \frac{c\,c}{4g} \cdot W\gamma$ als den Trieb des Stromes ansetzen können, der ihm durch sein Aufrechterhalten der Ventilklappe entzogen wird, also für fernere nöthige Steigung des Wassers wiederum bewirkt werden muß.

Die dazu erforderliche Krafthöhe ist $= \frac{c\,c}{4g} \cdot$ Aber sie macht einen Theil von der Druckhöhe der Atmosphäre aus, die auf dem Wasserspiegel des Satzkästchens ruht. Da nun ihre Wirkung, um mich kurz auszudrücken, durch die Contraction bey der Einmündung der Saugröhre hindurch muß; so wird man dieses Umstandes wegen, wenn S die nöthige Contracti-

tractionszahl bedeutet, statt $\frac{cc}{4g}$ das größere $\frac{cc}{BB.4g}$ anzusetzen haben. Denn

V.

obgleich die Wirkung hier in einem bloßen Drucke besteht, der keine vermehrte Bewegung hervorbringt; so muß doch dieser Druck eben deshalb zum Theil gegen sich selbst wirken, weil er vermittelst solcher Wasserstrahlen fortgepflanzt wird, die eine dergestalt zusammenlaufende Richtung haben, daß sie eben dadurch den so genannten Contractionsverlust in ihrer Kraft leiden. — Wenigstens scheint es mir so; und daß hiemit der bekannte hydrostatische Lehrsatz von gleichförmiger Verbreitung des Druckes, für völlig ruhiges Wasser recht gut bestehen könne. —

Allerdings muß ich mir vorbehalten, namentlich die Behauptungen der beyden letztern Nummern bey mehrerer Muße genauer zu untersuchen. Für jetzt aber mußte ich diese meine Gesichtspuncte mittheilen, nach welchen ich in der Folge für diesmahl glaube rechnen zu müssen.

Neun-

Neuntes Kapitel.

Von der Kolbenfriction.

§. 102.

Nach des Herrn Hofkammerrath Baaders Theorie der Saug- und Hebepumpen, Seite 112, wurde in England bey gut gebohrten Stiefeln, und wenn die Kolben nach englischer Art über dem Sturz geliedert waren,

die Friction $F = 0{,}1 . H D$ ℔ befunden; F

wo D, des Kolbens Durchmesser, nach Zollen, und H, die Druckhöhe auf ihn nach Fußen gemessen, bedeutet. H D

Dabey ist englisches Maaß und Gewicht zu verstehen. Das Pfund des Avoir du Poid aber, als das einzige unter den englischen, nach welchem „der Kubikfuß Wasser 62,5 Pfund" wiegen kann, ist etwas leichter als unser Cölnisches, und das ihm ziemlich gleiche Dresdner Pfund, der englische Fuß aber ist um ein ziemliches größer als der Leipziger: daher für unser hiesiges Maaß und Gewicht, diese Formel wenigstens auf

$F = 0{,}08 . H D$ ℔ herabkommen muß.

§. 103.

Gleichwohl mag daneben bestehen können, daß man für die Kolbenröhren in den hiesigen Pumpsätzen die Friction

$F = 0{,}3 . H D$ ℔,

also drey- bis viermahl größer beobachtet hat.

G (Lem-

Bayerische Staatsbibliothek München

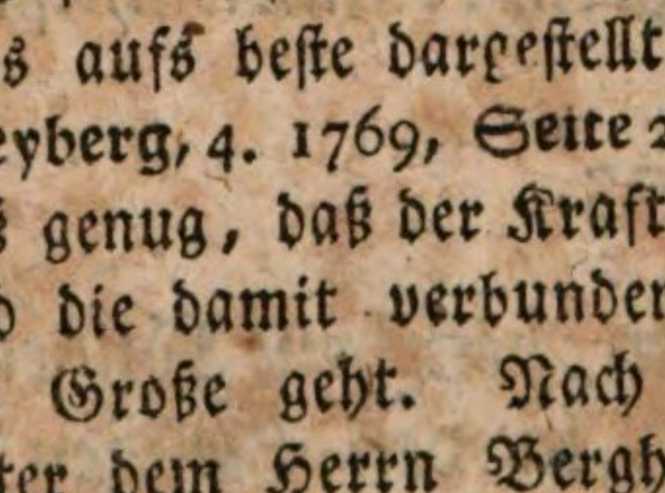
(Lempe, Magazin für die Bergbaukunde, drey-zehnter Theil, Seite 271 ꝛc.). Denn da diese eisernen Kolbenröhren ziemlich so gebraucht werden, wie sie aus dem Gusse kommen, *) nicht nachgebohrt, sondern nur mit Sandstein hie und da in ihren merklichsten Hervorragungen etwas abgerieben werde: so muß bey neuen Stiefeln wegen ihrer Rauhigkeit die Friction sehr beträchtlich ausfallen. Sind sie endlich durch den Gebrauch ziemlich glatt geworden, so werden sie dagegen meistens ziemlich unrund ausgeschliffen seyn, daß der Kolben ein so genanntes Gestämme in ihnen vorfindet, und nun, um noch wasserdicht zu schließen, sehr gedrange muß geliedert werden.

§. 104.

Die beyden obigen Ausdrücke für F sind offenbar so abgefaßt, daß sie Formeln abgeben sollen, und werden auch dafür gebraucht. Als solche setzen sie voraus, daß der Frictionswiderstand dem Kolbendurchmesser D und der Druckhöhe H proportional sey.

Durch Erfahrung ist dieser Satz für die zweyte Formel offenbar noch nicht (man sehe a. a. O. des Magazins, wie man auf sie geschlossen hat), und für die

*) Was für diesen Gebrauch sich sagen läßt, ist meines Erachtens aufs beste dargestellt in dem **Bericht von Bergbau**, Freyberg, 4. 1769, Seite 202. §. 436. Indessen bleibt es gewiß genug, daß der Kraftverlust durch diese Kolbenfriction, und die damit verbundene Abnutzung des theuern Leders, ins Große geht. Nach der sinnreichen Zurichtung, deren unter dem Herrn Berghauptmann **von Charpentier** der Oberwerkmeister Frenzel sich bedient hat, um eiserne Kolbenröhren äußerst glatt und rund auszuwirken, ohne des sonst gewöhnlichen Bohrens dazu nöthig zu haben, dürfte auch die Einwendung wegfallen, daß die Sache allzu kostspielig in der Anlage sey.



die erste Formel wahrscheinlich noch nicht erwiesen; daher wir Betrachtungen von vorne her darüber anstellen müssen. Ueberdies müssen ja dergleichen theoretische Betrachtungen allemahl voran gehen, um uns auseinander zu setzen, was wir der Erfahrung eigentlich abzulernen haben, und wie wir die Versuche variiren müssen, um es ihr nach und nach ablernen zu können. Oft genug wird uns auch die Theorie zeigen, daß wir darauf Verzicht thun müssen, das Verlangte durch Erfahrung oder Versuche auffinden zu wollen; weil es, wo nicht geradezu ins Unmögliche, doch ins Unschickliche fallen würde, alle dazu nöthigen Variationen wirklich anzustellen. Meine theoretischen Betrachtungen über die erforderliche Form eines allgemeinen Werthes für F würden etwa folgende seyn.

§. 105.

Diejenige etwanige Veränderlichkeit der Friction, welche mit veränderter Geschwindigkeit eintreten möchte, wird als unbeträchtlich beseitigt; wie es bey der ganzen gewöhnlichen Anwendung der Frictionslehre üblich ist, und gute Gründe für sich hat.

Dieses ausbedungen, muß die Friction proportional seyn, der Größe des Druckes und der Adhäsion, mit welcher die Kolbenwand und die Stiefelwand an einander gepreßt werden, und einander adhäriren.

§. 106.

Bey vielen Kolben wird nun die genannte Größe lediglich von der Gedrangheit, mit welcher ihre cylindrische Wand an die Stiefelwand drückt, nebst ihrer gegenseitigen Adhäsion herrühren. Die Adhäsion mit eingeschlossen sey = A die Größe dieses Andruckes auf einen Quadratzoll der berührten Wandflächen, A

) sey ferner = π. D die Peripherie dieser cylindrisch=
B′ runden Flächen, und = B′ ihre Breite, auch = f
f der Frictionsexponent und = F′ die Friction, welche
F′ von dieser Größe herrührt; so ist

$$F' = f.\pi D B' A.$$

§. 107.

Die Kolben in den Treibcylindern der hiesigen Wassersäulenmaschinen hatte Niende, unterhalb ihrem völlig cylindrischen und schon ziemlich genau anschließenden Theile, noch mit ein Paar kreisförmigen Lederscheiben versehen, deren Durchmesser um ein Paar Zoll größer waren. Dieser Ueberschuß soll sich in der Form eines cylindrischen Gürtels an die Stiefelwand anlegen, und von dem Seitendrucke des Wassers, welches den Kolben in die Höhe treibt, an die Stiefelwand angedruckt werden. Derjenige Theil der Friction, welcher durch diesen Ring entsteht, heisse F″; so ist die gesammte Friction dieses Kolbens F = F′ + F″: und der Ausdruck für F″ wird sich in den nächsten Yen ergeben.

§. 108.

Ist der Kolben nach englischer Art über dem Sturz geliedert, daß heißt, der Wassersäule entgegen, die er über sich zu tragen hat, oder die auch bey seiner anders als aufwärts gerichteten Bewegung gegen ihn drückt, mit einer divergenten conischen Lederwand versehen; so ist die Absicht dieses Stulpens, daß er von der gegen ihn drückenden Wassersäule desto stärker gegen die Kolbenwand angepreßt werde, je stärker jene Wassersäule drückt, und je heftiger daher auch ihr Trieb seyn muß, sich zwischen Kolben und Stiefelwand durchzudrängen.

§. 109.

§. 109.

Diese sehr zweckmäßige Absicht dachte Belidor aufs reinste durch seinen Beutelkolben zu erreichen. Es wird hier hinreichend seyn zu wissen, daß ein Haupttheil dieses Kolbens in einem ledernen ziemlich ellypsoidischen Beutel besteht, der mit Wasser ausgefüllt wird, welches mit der gegen ihn drückenden Wassersäule eine solche hydrostatische Verbindung hat, daß auch der Seitendruck auf die Beutelwand mit dem Drucke der genannten Wassersäule anwächst.

Belidor nimmt bey Berechnung dieses Kolbens an, daß die Anpressung seiner Wand gegen den Stiefel jenem Drucke proportional sey, also $F'' = f \pi D. H$ sey, wenn H die Druckhöhe der Wassersäule bedeutet.

Ich habe in meiner Ausgabe von Silberschlags praktischer Abhandlung über Feuerspritzen, Halle 1800, in der IVten Anmerkung, §. 3, schon dagegen erinnert, daß mit zunehmender Druckhöhe H auch die Breite B″ des cylindrischen Gürtels, mit welchem der Beutel an die Stiefelwand gedrückt wird, sich vergrößern muß, und das überhaupt die hier vorhandene Anpressung zwischen ihm und der Stiefelwand auch dem B″ proportional seyn muß. Man muß sich nähmlich hüten, die gewöhnliche Lehre, daß der Frictionswiderstand nur dem Drucke, nicht auch der gedrückten Fläche proportional sey, auch hier anwenden zu wollen, wo der Druck ein hydrostatischer Seitendruck ist, der ja selbst auch der Seitenfläche proportional wächst. Durch diese zweyte Erinnerung ist vielmehr sogleich gewiß, daß

$F'' = f. \pi D. B''. H$ seyn muß; vorausgesetzt, daß die Elasticität des ledernen Beutels nicht beträchtlich genug ist, um diesem Seitendrucke merk-

lich entgegen zu wirken; und bey diesem Belidorischen Kolben scheint es nicht, daß man auf seine Elasticität zu achten habe.

§. 110.

Eher noch könnte dieses bey dem schon erwähnten co-
E nischen Stulpen der Fall seyn. Heisse dann = E die Gegenwirkung seiner Elasticität, so hat man für ihn
F″ $F'' = f.\pi D B'' H - f.E.$

Wenn er überdies auch bey $H = o$ schon sehr gedrange in der Kolbenröhre schließt; so ist für ihn die gesammte Friction
F $F = F' + F'' = f.\pi D B' A + f.\pi D B'' H - f.E$

§. 111.

Wenn aber dieser Kolben hauptsächlich nur mit seinem Stulpe anschließt, und dieser wirklich so genau abgepaßt ist, daß er für $H = o$ so gut als gar keine Reibung verursacht, so hat man

$$F = f.\pi D B'' H - f E;$$

und eben diese Formel wird als hinreichend richtig bey etwas großen H auch für solche Kolben dieser Art gelten können, bey denen F′ nicht sehr beträchtlich ist.

§. 112.

Gesetzt nun ferner, es sey E so unbeträchtlich, daß wir es beseitigen können; so würde freylich nur $F = f.\pi D B'' H$ übrig bleiben. Aber da gerade bey einem unbeträchtlichen Elasticitätswiderstande gar leicht der Fall eintreten wird, daß B″ mit H beträchtlich wächst; so wird dennoch die obige Form $F = n. D H$ in §. 102 und 103, nicht die richtige seyn können;

son-

sondern vielmehr B″ als eine Function von H, als irgend ein nH^m zu betrachten seyn, und daher die Formel unter der Gestalt $F = n D H^{1+m}$ zu suchen seyn.

§. 113.

Eine Ausnahme würde indessen Statt finden, Falls der Stulp so gut gefertigt wäre, daß er entweder überhaupt nur mit einem sehr schmalen Gürtel anschlösse, wobey das obige m nur klein würde, oder doch die Breite des Gürtels bey verschiedenen H ziemlich constant bliebe, wobey das obige m auf = o herabkommen würde.

In der That mag nun beydes bey den englischen Maschinen, die Hr. Baader versuchte, statt gefunden haben. Der Stulp mochte so gut gearbeitet seyn, daß er nur mit einem schmalen Gürtel anschloß; eine Vermuthung, die sich durch unten folgende Berechnungen (in §. 124) bestätigen wird; und er mochte ferner auch gerade eine solche Elasticität besitzen, daß die Breite des Gürteis auch bey beträchtlich anwachsenden H eben nicht sehr vermehrt wurde. Da auch die dortigen Kolbenröhren ungemein rund und glatt ausgebohrt waren; so konnte ein solcher wünschenswerther Zustand des Stulpes ziemlich lange bey ihnen vorhalten.

§. 114.

Für rauhe oder unrunde Kolbenröhren wird dagegen der Stulp in seinem Berührungsgürtel gar bald bis zu einer beträchtlichen Breite B″ abgeschliffen werden, und dadurch nicht nur nach unserer Erinnerung in §. 109, die Friction sehr vermehrt, sondern auch der Formel $F = n. D H^{1+m}$ wenigstens unterworfen werden. Nimmt man aber noch dazu, daß

in rauhen Kolbenröhren überhaupt, und insbesondere auch ihres baldigen Abschleifens wegen, der Stulp sehr gedrange wird eingesteckt werden müssen; so werden sie gerade in ihrem neuesten und ordnungsvollsten Zustande schon der Form

$$F = f \pi D B'' A + n D H^{1+m}$$

unterworfen seyn: denn die Gegenwirkung der Elasticität wird grade ihrer Gedrangheit wegen hier wegfallen.

Nach vorgegangenem Abschleifen wird freylich A ziemlich vermindert, aber das auch auf n mit einwirkende B″ desto größer werden.

§. 115.

Aus diesen Betrachtungen scheint sich nun schon zu ergeben, daß für rauhe Kolbenröhren keine Frictionsformel Statt findet, die für den neuen und zugleich auch für den etwas abgenutzten Zustand ihrer Stulpe ziemlich zutreffen könnte.

Nehmen wir vollends auch donlegige Kolbenröhren in Betrachtung, so wird bey einer beträchtlichen Rauhigkeit derselben, der Theil des Stulpes, welcher dem Liegenden zugekehrt ist, in wenigen Stunden schon beträchtlich abgeschliffen, und bald genug auch dergestalt ausgeschliffen seyn, daß der obere, dem Hangenden zugekehrte Theil des Stulpes kaum noch anschließt, oder endlich völlig locker geht, und beträchtliches Zwischenwasser hindurch schlüpfen läßt: und so wird hier, in Verbindung mit den vorigen Gründen erhellen, daß sich für solche Kolben gar keine allgemeine Frictionsregel von einiger Zuverlässigkeit finden laßt, wenn man auch noch so viele Erfahrungen, oder Versuche zu Hülfe nimmt.

§. 116.

§. 116.

Bisher haben wir den Elasticitätswiderstand E meistens geradezu beseitigt. Soll er dagegen beträchtlich seyn, so entsteht die Frage, welche Function von D, B″ und H er ausmachen möchte! Ich dächte fast, daß man $E = \frac{B''.H}{\pi.D}$ · E zu setzen habe, wenn E die Größe des E für einen Quadratzoll bedeutet. Indessen dürfte es rathsamer seyn, nur das unzerlegte E vor Augen zu behalten, wo man durch Versuche über Kolbenfriction etwas finden will. Soll auch die Formel, welche man aus den Versuchen ableitet, eine gehörige Anstelligkeit erhalten, so wird man E darin mit aufzuführen vermeiden müssen: und auf die ordnungsvollen und gut eingerichteten Kolben und Stiefel, wofür doch allein nur etwas allgemeine Regeln statt finden können, wird auch E schwerlich einen solchen Einfluß haben, daß es nicht durch mittlere Abgleichung ziemlich ersetzt, und dem Theile F″ der Formel mit zugerechnet werden könnte. E

§. 117.

Für **Belidors** Beutelkolben (auch für alle ihm ähnlichen Freykolben, wie ich in schon erwähnter Ausgabe der Silberschlagschen Abhandlung sie genannt habe,) läßt sich die Friction nach einer von vorne her recht gut begründeten Formel berechnen, wovon ich auch nachher hier noch Gebrauch machen werde. Unter den allgemeinen Formeln aber, die man für die Kolbenfriction meines Wissens bisher versucht hat, werden außer den beyden in §. 102, und §. 103, aufgeführten, nur noch die **Langsdorfischen** einer Erwähnung verdienen.

§. 118.

Der Herr Rath Langsdorf hat in seinem Handbuche der Maschinenlehre, Band I, Seite 62, §. 63, folgende Formeln für die Kolbenfriction angegeben.

I) $\varphi = (0{,}15 \pm 0{,}05) . H \left(\frac{D}{D + 0{,}5} + 0{,}5 \right)$

„wo das untere Zeichen auf nachgebohrte metallene, „das obere auf gut gebohrte hölzerne Röhren geht. „Dabey ist in Fußen

„H die Höhe einer Wassersäule über dem Kolben, de„ren Gewicht dem Widerstand gleich ist, welchen der „Kolben außer seiner Reibung im Stande der Bewe„gung zu überwinden hat,

„D der Durchmesser der Röhre, da wo der Kolben „schiebt,

„Φ die Höhe einer Wassersäule über dem Kolben, „deren Gewicht dem Widerstand gleich ist, welchen „der Kolben wegen seiner Reibung leidet."

II) „Für gut polierte metallene Stiefel und „schlecht gebohrte oder schon durch den Gebrauch „verdorbene hölzerne Stiefel kann man

$$\varphi = (0{,}19 \pm 0{,}11) . H \left(\frac{d}{d + 0{,}5} + 0{,}5 \right)$$

„setzen."

„Bey diesen Formeln muß man sich erinnern, „daß sie eigentlich auf den Umstand mit Rücksicht „nehmen, daß Kolben, bey welchen die Reibung ge„ringer ist, den Effect dadurch wieder vermindern, „daß sie mehr Wasser zwischen sich und der Röhr„wand durchlassen, daher nun auch diesem letztern „Umstand nicht noch besonders Rechnung gethan wird."

(Die

(Die ausgebohrten Stiefel müssen nähmlich auch noch longitudinal poliert werden, um die transversalen Bohrstriche wiederum wegzubringen. — Durch Hrn. Frenzels schon gerühmte Methode ist mit dem Rundmachen zugleich auch das Polieren schon besorgt. —)

§. 119.

Da diese Formeln ebenfalls, wie die beyden vorhin betrachteten, neben der Druckhöhe H auf die Anpressung A, keine von H unabhängige Rücksicht nehmen; so ist auch aus ihnen nicht abzunehmen, wie groß derjenige Theil der Friction gewesen sey, der bey den Versuchen mit schlechten Kolbenröhren, selbst auch wenn die Kolben über dem Sturz geliedert waren, von der bloßen Gedrangheit des Kolbens herrühren, und bey etwas kleinen H den beträchtlichsten Theil der Friction bestimmen muß.

Da ferner Φ nur die hydrostatische Druckhöhe des Frictionswiderstandes bedeutet, unser obiges F aber ihr Gewichtsmaaß angab; so wird, unter γ das Gewicht eines Kubikfußes Wasser verstanden,

$F = \Phi . \frac{\pi}{4} DD . \gamma$ seyn; nach Hrn. Langsdorfs Formeln also

$F = n . \frac{\pi}{4} DD\gamma . H \left(\frac{D}{D + 0{,}5} + 0{,}5 \right)$ sich ergeben,

indem man statt n den ersten Factor aus I) oder II) zu setzen hat.

In dem eben hergeschriebenen Ausdrucke ist aber der letzte Factor

$$\text{auch} = 1 - \frac{1}{2D+1} + 0{,}5 = \frac{3}{2} - \frac{1}{2D+1},$$

also dieser Factor mit D nicht sehr veränderlich, und daher nach diesen Formeln die Friction sehr nahe dem Quadrate des Durchmessers proportional! Ich muß gestehen, daß in dieser Hinsicht mir die Form der Formeln nicht beyfällig werden kann. Nach allen unsern oben gefundenen Formen ist vielmehr, wo E beseitigt wird, die Größ F nur dem einfachen Durchmesser proportional.

§. 120.

Indessen rühren die Formeln von einem Mathematiker her, der zu den wenigen gehört, die gehörige theoretische Einsicht nebst vieler Praxis besitzen: daher ich auch noch nach der Größe der Friction fragen will, welche durch diese Formeln bestimmt wird, um sie in dieser Hinsicht mit den beyden obigen zu vergleichen. Im allgemeinen kann das ohne vielen Calcul nicht geschehen, daher ich nur einen schicklichen mittleren Fall vornehmen, und D = 1 Fuß, für die beyden Formeln in §. 102 und 103 also D = 12 Zoll, setzen will.

§. 121.

Für die schlechtesten metallenen, aber immer noch gut gebohrten Stiefel, giebt Hrn. Langsdorfs Formel I)

$$\text{unser } F = 0{,}1.\ \frac{\pi}{4}\ DD\gamma.H\left(\frac{D}{D+0{,}5}+0{,}5\right);$$

und für die besten, auch polierten metallenen Stiefel giebt dessen Formel II)

unser F = 0,08. " " " .

Da die arithmetische Wirkung des D im letzten Factor sehr unbeträchtlich, und $F = \varphi.\frac{\pi}{4}DD.\gamma$ ist,

also mit F die rechte Seite in unsern, aus Langsdorfs Formeln hergeleiteten Ausdrücken des F, mit F gleich viel, nähmlich ebenfalls drey lineäre Dimensionen hat; so können diese Ausdrücke auch für Leipziger Gewicht und Maaß gebraucht werden, obgleich Hr. Langsdorf das Nürnberger ℔ und den Pariser Fuß voraussetzt, und seine beyden Formeln für φ allerdings darauf eingeschränkt sind.

Von dem Wasser, welches bey den Versuchen in §. 103 gebraucht wurde, soll der Leipziger Kubikfuß nur 47 ℔ gewogen haben. Wenn wir richtige Dresdner Pfund annehmen; so werden wir immerhin $\gamma = 48$ ℔ zu setzen haben.

Dadurch erhalten wir für die Formel I)

$$F = 0{,}1.3{,}14.\frac{1.1}{4} \cdot 48.H\left(\frac{2}{3}+\frac{1}{2}\right) = 4{,}4.H\text{ ℔}$$

und $F = 0{,}8.4{,}4.H = 3{,}5.H$ ℔, für die Formel II).

§. 122.

Die Formel aus §. 103 giebt dagegen

nur $F = 0{,}3.12.H = 3{,}6.H$ ℔,

also fast um $\frac{1}{4}$ weniger als die erste Langsdorfische, obgleich in §. 103 nur eiserne, nicht ausgebohrte Kolbenröhren vorhanden waren.

Hern Baaders Formel aus §. 102 giebt

nur $F = 0{,}1.12.H = 1{,}2\ H$ ℔

also gerade dreymahl weniger als Hrn. Langsdorfs zweyte Formel!

Wollten wir D kleiner als 1 Fuß annehmen, so würde der Unterschied noch größer ausfallen, weil in Hrn. Langsdorfs Formeln der letzte Factor mit abneh-

nehmendem D nur wenig zunimmt, ihr DD aber quadratisch abnimmt.

§. 123.

Insbesondere Herrn Baaders Formel giebt nun in Vergleichung mit der Langsdorfischen eine so geringe Friction an, daß man zu berechnen wünscht, ob eine so geringe Friction auch noch wahrscheinlich sey: und es wird sich in der That mit völliger Befriedigung darüber rechnen lassen.

Der Belidorische Kolben läßt sich recht gut aus theoretischen Gründen berechnen, und es ergiebt sich aus eben diesen Gründen auch, wie man ihn einrichten müsse, daß die Friction, welche bey der Gestalt die Belidor ihm gegeben hat, übermäßig groß ausfallen würde, gar beträchtlich vermindert werde. (M. s. die schon angeführte Anmerkung IV, zu Silberschlags Abhandlung, Seite 167. §. 9. ꝛc.). Beydes wird nun auch für den englischen Kolben, welchen Hr. Baader versuchte, ziemlich Statt finden.

§. 124.

Da Hr. Baader seinen Ausdruck $F = 0{,}08.\ H.\ 12\ D\ \text{Ⓗ}$, ohne Zweifel auch für ziemlich kleine H ziemlich zutreffend gefunden hat, so folgt daraus, daß das A des §. 106, bey diesem Kolben nicht beträchtlich war, und daher für ihn aus §. 110, nur

$F = f.\ \pi\ D\ B.\ A\ \gamma - f\ \mathfrak{E}$ übrig bleibt, wo alle lineare Dimensionen, nahmentlich auch B nach einerley Maaß, am bequemsten nach Fußen gemessen werden.

Gesetzt nun auch, daß $\mathfrak{E} = 0$ gewesen sey, so hat man doch,

um

um f. π D B H γ = 0,08. 12 D. H zu erhalten $B = \frac{0,96}{f. 3,14. 48}$ zu setzen. Da der Frictionsexponent f ungefähr = $\frac{1}{8}$ seyn möchte, wo getränktes Leder auf geschmiertes Metall geht; so ergiebt sich $B = \frac{0,16}{3,14}$ Fuß = 0,6 Zoll; also immer noch eine Berührungsbreite von mehr als einem halben Zolle, welches bey Kolben dieser Art für eine sehr hinreichende, und bey guter Politur der Kolben auch ziemlich vorhaltende Größe gelten kann.

§. 125.

Nach allen diesen Betrachtungen würde ich also kein Bedenken tragen, für recht gute über dem Sturz gelieberte Kolben, und recht gut polierte Kolbenröhren, bis auf weitere Untersuchung dieser schwierigen Sache nach Herrn Baaders Formel für Leipziger Maaß und Gewicht,

$$F = 0,08. H. 12 D \text{ ℔} = 0,96. H D \text{ ℔}$$

anzusetzen, wenn außer H auch D nach Fußen gemessen wird.

Also F = 0,08. H. D. ℔, wenn bloß H nach Fußen und D nach Zollen gemessen wird: vorausgesetzt, daß man es mit beträchtlich großen H zu thun hat.

§. 126.

Für ziemlich gute Kolben und Kolbenröhren, wie sie in den Treibcylindern der hiesigen Wassersäulenmaschinen vorkommen, würde ich auch für Leipziger Maaß und Gewicht nicht nur 0,1 statt 0,08 gebrauchen; sondern man wird auch die Friction noch um ein ziemliches höher ansetzen müssen, weil der Druck

auf

auf den Kolben nicht völlig der Axe parallel war. Ueberdies wird wan bey geringen H auch wegen A (§. 106,) einen constanten Theil der Friction in Anschlag bringen müssen.

Ebenfalls mit Zuziehung eines solchen constanten Theiles, werde ich dagegen bey den hier üblichen Pumpsätzen für jetzt bey der Formel aus dem Lempischen Magazin der Bergbaukunde

$$F = 0{,}3 . H D \text{ ℔}$$ bleiben müssen;

und zwar dieses nur für seigere oder doch ziemlich seigere Sätze.

§. 127.

Die vorhin erwähnte Regel zur Verminderung der Kolbenfriction, wird jedem Geübten aus unsern obigen Formeln von selbst einleuchten. Man muß nähmlich dahin sehen, daß der Kolben auch in demjenigen Theile seiner Liederung, dessen Andruck von der Druckhöhe H abhängt, mit keinem übernöthig breiten Gürtel anschließe.

Zehn-

Zehntes Kapitel.

Berechnung des Kunstgezeuges, welches durch eine Wassersäulenmaschine betrieben wurde.

§. 128.

An der Kunststange TR hiengen fünf Zugstangen in V′, V″ u. s. w. um die Kolben in den fünf Saugsätzen zu bewegen, die einander zuhoben, und beynahe seiger standen, nur um etwa 3 Grad von der lothrechten Lage abwichen. Fig. 1.

Das ganze Gewicht der fünf Kolben und ihrer Zugstangen nebst der Kunststange selbst, sammt ihrer Welle in T und den Beschlägen der Hauptschwinge in der Nähe von T, heiße S, so wird S = 1950 ℔ etwa betragen haben, und beym Anheben der Kolben auch dieses ganze Gewicht anzusetzen seyn. Beym Niederschieben der Kolben aber nur noch etwa S′ = 1700 ℔, weil dann die Kolben und Zugstangen hydrostatisch erleichtert werden. (§. 96.) S S′

§. 129.

Die Durchmesser der Kolbenröhren waren nach einander

10, $11\frac{1}{6}$, $10\frac{4}{5}$, $10\frac{4}{5}$ und 10 Zoll;

also so wenig verschieden, daß wir uns an die mittlere Größe des Flächenraumes in ihrer Weite halten können. Wenn wir diese mittlere Weite = W nennen, so ergiebt sich, daß ungefähr $W = \frac{1}{4}\pi . 10{,}6^2$ Quadratzoll ausmacht, und daher der Durchmesser des W ungefähr = 10,6 Zoll = 0,883 Fuß anzusetzen ist. W

§. 130.

Auch der Länge nach waren die fünf Sätze nur so verschieden, daß wir uns für die meisten Rechnungen ebenfalls an ihre mittleren Größen halten können. Diese waren

für die Saugröhre	=	=	27,46 Fuß
der so genannte schädliche Raum = 7,85 Zoll	=	=	0,654 =
die Hubhöhe = 34,083 Zoll		=	2,84 =
die Kolbenhöhe = 8,8 Zoll		=	0,733 =
der beständige Wasserstand über dem Kolben = 8,6 Zoll	=	=	0,716 =
Also die ganze Höhe eines Satzes		=	32,4 Fuß

und durch die 5 Sätze wurde das Wasser beynahe auf = 162 Fuß gehoben.

§. 131.

Von zwey erfahrnen Männern, dem verewigten Professor Lempe und dem Hrn. Oberkunstmeister Baldauf, wurden zur Beobachtungszeit die sämmtlichen Sätze für vollhübig erkannt. Gesetzt auch, daß aus den Gründen der folgenden §§en einige Zweifel dagegen entstehen möchten; so werden wir doch erst am Ende der Rechnung darauf zurück zu sehen haben. Für den Gang der Rechnung selbst, wie ich hier ihn anlegen werde, wird es nicht von vieler Bedeutung seyn, ob die Sätze völlig, oder nur ziemlich voll gehoben haben.

§. 132.

Durch vorhergegangenes Kolbenspiel, und mit Hülfe der gewöhnlich nöthigen Angießung, sey bereits in jedem Satze die ganze Saugröhre sammt dem schädlichen Raume und der Kolbenlochung voll Wasser, indem

indem so eben der Kolben aufs neue gehoben wird; so muß der Atmosphärendruck, der auf das Wasser im Satzkästchen wirkt, hauptsächlich vier Arten von Widerstand überwinden, wenn er bey steigendem Kolben, die Saug- und Kolbenröhre bis zum Kolbenventil hin wasservoll erhalten soll. Er muß nähmlich

I) der Wassersäule vom Spiegel des Satzkästchens an, bis zur Ventilklappe des Kolbens hin, das hydrostatische Gleichgewicht halten. Die hiezu erforderliche Druckhöhe ist

$h = 27{,}46 + 0{,}654 + 0{,}733 = 28{,}847$ am Anfange des Hubes; oder wegen der 3 Grad Abweichung noch cosinuiert, eigentlich

$h = 28{,}8$ Fuß.

Am Ende des Hubes würde diese Höhe noch um 2,84 Fuß größer, also dann $= 31{,}64$ Fuß, und in der Mitte des Hubes $= 30{,}22$ Fuß seyn.

II) Ein zweyter Theil des Widerstandes wird durch σ bestritten, wenn σ die Höhe des Kraftaufwandes bedeutet, welchen die örtliche Geschwindigkeitsvermehrung des Wassers erfordert, wo es aus dem weiten Satzkästchen in die engere Saugröhre tritt, die im Durchmesser nur $= 3$ Zoll $8\frac{3}{8}$ Strich $= 3{,}7$ Zoll $= 0{,}308$ Fuß hatte.

Sey c die Geschwindigkeit in der Saugröhre, so ist $\sigma = \frac{cc}{\beta\beta . 4g}$, und β der Contraction gemäß zu wählen (§. 72.). Die Einmündung der Saugröhre besteht in dem so genannten Schnarchloche, einem hufförmigen Ausschnitte in dem untersten Ende der Saugröhre, auf derjenigen Seite, welche dem Liegenden des Schachtes zugekehrt ist. Mit der Gegenseite, die dem

Hangenden zugewandt ist, muß sie auf den Boden des Satzkästchens sich stützen; daher man ohne besondere Zurichtung, die vortheilhafteste Einmündungsform hier nicht anbringen kann. Die Form des Schnarchloches ist nun von solchen Einmündungen, wofür man bisher Versuche angestellt hat, in vieler Hinsicht so verschieden, daß sich aus ihnen die Zahl β nicht mit Sicherheit bestimmen läßt. Indessen dürfte es, mehrere Umstände zusammen genommen, dahin kommen, daß wir etwa $\beta = 0{,}70$ ansetzen können, welches zwischen 0,62 und 0,81 das Mittel ist. (§. 71).

Dabey ist es durchaus hinreichend, für c die mittlere Geschwindigkeit in der Saugröhre zu gebrauchen; und so ist $c = \left(\frac{0{,}883}{0{,}308}\right)^2 \cdot C$, wenn C die mittlere Geschwindigkeit in der Kolbenröhre bedeutet. Diese ist $= \frac{2{,}84}{6} = 0{,}473$ Fuß; da der Hub in 6 Secunden vollendet wurde. Also haben wir

$$\sigma = \frac{0{,}473^2}{0{,}70^2 . 69{,}5} \cdot \left(\frac{0{,}883}{0{,}308}\right)^4 = 0{,}44 \text{ Fuß.}$$

III) Es heiße f die Krafthöhe, welche auf die Friction des Wassers längs der Saugröhre verwandt wird. Ihre Länge ist $= 27{,}46$ Fuß, und ihr Durchmesser $= 0{,}308$ Fuß, also nach §. 74.

$$f = 0{,}03 . \frac{cc}{4g} \cdot \frac{27{,}46}{0{,}308} = 0{,}58 \text{ Fuß.}$$

Die Friction in der Kolbenröhre ist unbeträchtlich.

IV) Zur Hebung des so genannten Stöckels, der Klappe des Ventils über der Saugröhre, würde die Krafthöhe $\sigma = \frac{cc}{\beta\beta . 4g}$, welche schon unter II) hier $= 0{,}44$ gefunden ist, etwa noch einmahl erfordert wer-

werden, wenn das Gewicht des Stöckels nur ungefähr 0,72 ℔ gewogen hätte (§. 100.). Da man es meistens um ein beträchtliches schwerer zu machen pflegt; so wollen wir, bis auf künftige genauere Untersuchung dieser Sache, nur abgerundet, des Ventiles wegen noch ein

$$'\sigma = 0{,}5$$ anrechnen.

§. 133.

Also ist

$$h + \sigma + f + '\sigma = 28{,}8 + 0{,}44 + 0{,}58 + 0{,}5 = 30{,}3$$ Fuß, die Höhe des hydrostatischen und hydraulischen Widerstandes, welchen der Atmosphärendruck beym Anfange der Kolbensteigung zu überwinden hat; und während der Kolbensteigung wächst dieser Widerstand bis auf $30{,}3 + 2{,}84 = 33{,}14$ Fuß an. Im Anfange der Kolbenhebung muß freylich die Atmosphäre auch noch Kraft auf die Beschleunigung verwenden; aber es wird sich sogleich ergeben, daß wir die Berechnung jener Kraft hier nicht nöthig haben.

Die Sätze hatten unreines Grubenwasser zu heben, von welchem ich den Leipziger Kubikfuß auf 50 ℔ angesetzt finde. Nach solchem Wasser ausgedrückt, wird nun die mittlere Barometerhöhe zu Marienberg, nur $= 32{,}25$ Fuß etwa betragen, und die niedrigste bis auf 31 Fuß herabkommen.

§. 134.

Hieraus erhellet, daß das Saugwasser, selbst auch bey der mittlern Barometerhöhe, sogleich in einem Anfangstheile der Hubzeit den Kolben einholen mußte, wenn dieses überhaupt geschehen sollte! Und gegen Ende des Kolbenhubes dürfte es gleichwohl der Atmosphäre an Kraft gefehlt haben, um das Wasser dicht unter dem Kolben zu erhalten!

Nur beym höchsten Barometerstande = 33,4 Fuß, dürften die Sätze vollhübig haben bleiben können, wenn sie sämmtlich nach der vorhin aufgeführten mittleren Höhe wären erbaut gewesen. Da aber sogleich der oberste Satz um einen ganzen Fuß höher war, und es scheint, daß die Saugröhre an der Verlängerung Theil genommen hat; so ist sogleich von diesem ersten Satze, nach den obigen Rechnungen kaum zu erwarten, daß er jemals einen gänzlich vollen Hub gehabt habe. Für unmöglich aber kann und will ich es nicht erklären: denn ich habe 1) auf die Barometerhöhe in Marienberg nur durch ungefähre Rechnung aus der Angabe schließen müssen, daß es um 119,5 Pariser Fuß höher als Freyberg liegt. (Nur für Freyberg ist durch 25jährige genaue Beobachtungen des Herrn Berghauptmann von Charpentier die mittlere Barometerhöhe auf 26 Zoll 6,6 Strich, Pariser Duodecimalmaaß, die niedrigste auf 25 Zoll 6,5 Strich, und die höchste auf 27 Zoll 6,1 Strich, genau bestimmt).

Es ist 2) bekannt, daß das Queckſilber im allgemeinen von sehr verschiedenem specifischen Gewichte seyn kann. Ich habe es nach Brisson = 13,568 gesetzt.

Es kann 3) seyn, daß das Grubenwasser um ein ziemliches weniger als 50 ℔ gerade gewogen habe. Es ist von beträchtlichem Ausschlage, ob gerade mehr oder weniger Unreinigkeiten an Grubenschmand zufließen. *)

§. 135.

*) Seit einiger Zeit hat der Herr Oberkunstmeister Baldauf ein ganz neues Mittel erdacht, und mit dem besten Erfolge ausgeführt, die gröbsten Unreinigkeiten sogleich in den untersten Sätzen zur Lagerung zu bringen. Es lagert sich bisweilen sehr viel; wenn die Wasser gerade sehr unrein sind.

Die-

§. 135.

Indessen haben wir für den nächsten Zweck unserer bisherigen Schätzung des bloßen hydrostatischen und hydraulischen Widerstandes nur zu folgern, was sich mit hinreichender Gewißheit daraus ergiebt, daß die steigenden Kolben von dem Saugwasser so gut als gar keinen aufwärts treibenden Druck empfiengen, folglich die Kraft zu ihrer Hebung so groß seyn mußte, als ob die Kolben immerfort einen luftleeren Raum unter sich zu erhalten gehabt hätten.

Auch war nicht einmahl so viel Druck von unten her auf sie anhaltend genug vorhanden, daß man annehmen könnte, sie hätten eine hydrostatische Gewichtserleichterung gewonnen.

Ferner folgt aus unsern Rechnungen und Schätzungen, wenn die versicherte Vollhübigkeit damit verbunden wird, daß wir den höchsten Barometerstand zum Grunde legen müssen. Daher nun folgende

Berechnung des Widerstandes bey der Kolbenhebung in den fünf Kunstsätzen.

§. 136.

Die Kraft, welche zur Entwichtigung dieses Widerstands in T erfordert wird, heisse = 5 K. ℔ = 5. k Wγ ℔, für alle fünf Sätze. Sie hat das Gleichgewicht zu halten

1) mit

Diese Zurichtung ist daher auch für die Prüfung einer genauen Theorie ungemein erwünscht; da man es nun mit einem constanteren Wassergewichte zu thun hat.

1) mit dem Gewichte S des Schachtgestänges; und wir werden im 12ten Kapitel durch einzelne Aufführung, ungefähr $S = 1950$ ℔ finden.

2) der fünfmahlige Widerstand des Atmosphärendrucks war $= 5.33{,}4. W\gamma = 167. \frac{\pi}{4}. 0{,}883^2. 50 = 5113$ ℔.

3) Das Gewicht des Wassers über den 5 Kolben am Anfange ihres Hubes würde $= 5. (2{,}84 - 0{,}716)$. $W\gamma = 544$ ℔ seyn; wenn nicht wegen der Räume, welche die Zugstangen einnehmen, etwas abzurechnen wäre. In dieser Hinsicht haben wir nur anzusetzen $= 450$ ℔.

(Während des Hubes wird diese Last beträchtlich vermindert, daher ich ihrentwegen im folgenden § noch eine Abgleichung anbringen werde).

4) Es ist endlich noch die Kolbenfriction zu überwinden, deren Widerstand $= 5$ F heissen mag. Bey diesen Kolbenröhren werden wir nach §. 126. zu setzen haben $F = 0{,}3.$ H D ℔; wo H nach Fußen die Druckhöhe über dem Kolben, und D seinen Durchmesser nach Zollen angiebt. Es ist aber hier $D = 10{,}6$ Zoll, und im Anfange des Hubes, $H = 33{,}4 + 3{,}5 = 37$ Fuß, also im Anfange des Hubes

$$5\,F = 5. 0{,}3. 37. 10{,}6 = 588 \text{ ℔}.$$

§. 137.

Wenn wir also $= Z$ den gesammten Widerstand nennen, welchen die Anhebung der Pumpsätze im Anfange des Hubes in T verursacht; so haben wir $Z = 1950 + 5113 + 450 + 588 = 8100$ ℔.

Da

Da wir aber bey Berechnung der Maschine im 12ten Kapitel annehmen werden, daß die Beschleunigung constant gewesen sey, und den ersten, vierten oder fünften Theil der Hubzeit gedauert habe; so wird der mittlere Widerstand während dieser Zeit, (weil der Wasserstand über dem Kolben sich vermindert) etwa 50 ℔ weniger betragen, und daher für dortigen Gebrauch

$$Z = 8050 \text{ ℔}$$ anzusetzen seyn. Z

§. 138.

Hiermit ist nun lediglich der Widerstand in T, welchem die Kraft, wodurch die Kunstange gehoben wird, das statische Gleichgewicht zu halten hat, gefunden, nicht auch bestimmt, um wie viel sie der nöthigen Beschleunigung wegen, grösser seyn muß. Es wird sich aber in der Folge ergeben, daß ich bey dem dortigen Gebrauche des hiesigen Resultates, nur diesen Widerstand von hier aus zu wissen nöthig habe. Eben dieses gilt auch für die nun folgende

Berechnung des Widerstandes beym Niederschieben der Satzkolben.

§. 139.

Die Kunststange nebst den fünf Zugstangen und Kolben, behielt an Gewicht noch übrig etwa $S' = S'$ 1700 ℔. (§. 128).

Dieses Gewicht ist nun überflüssig hinreichend, allen Widerstand, den die Kolben bey ihrem Niederschieben vorfinden können, zu überwinden.

Er besteht I) in den hydraulischen Bewegungshindernissen, II) in dem Widerstande des Ventils, und III) in der Kolbenfriction.

I) Der erste Theil hat es mit der örtlichen Geschwindigkeitsvermehrung zu thun, die das Wasser annehmen muß, indem es in die Kolbenlochung tritt. Diese Lochung scheint zur Zeit der Beobachtung noch völlig cylindrisch gewesen zu seyn. Dies vorausgesetzt, war ihr constanter Durchmesser = 3,05 Zoll = 0,254 Fuß, und der Flächenraum ihres Durchschnittes, $w = \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}254^2$.

Da die Kolbenröhren im abgeglichenen Durchmesser = 10,6 Zoll = 0,883 Fuß hielten; so behielt der sogenannte Kolbenstock noch $= \frac{\pi}{4} \cdot (0{,}883^2 - 0{,}254^2)$

$= \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}715$ Quadratfuß im horizontalen Durchschnitte übrig. Er bleibt also groß genug gegen w, um für die örtliche Geschwindigkeitsvermehrung die Widerstandshöhe $'\sigma = \frac{'v\,'v}{\beta\beta . 4g}$ geradezu anzusetzen, ohne wegen der Geschwindigkeit $'V$ des Kolbens etwas abzuziehen (§. 73.), indem $'v$ die Geschwindigkeit des Wassers in der Kolbenlochung bedeutet.

In diesem Werthe des $'\sigma$ ist nun $'v = \frac{0{,}715}{0{,}254^2} \cdot 'V$,

und von β ist schon in §. 71 behauptet, daß es der cylindrischen Einmündung ungeachtet auf = 0,62 anzusetzen sey. Es kommt noch dazu, daß der Strom in der Lochung gegen die einseitige Oeffnung der Ventilklappe hin sich lenken muß, also kaum eine hinlänglich lange cylindrische Wand behält, daß sie für eine vortheilhafte cylindrische Mündung gelten könnte.

Die

Die mittlere Größe des 'V ist $= \frac{2,84}{22} = 0,13$, indem der Kolbenniedergang $= 2,84$ Fuß, und die Dauer desselben $= 22$ Secunden ist.

$$\text{Also } '\sigma = \frac{0,715^2}{0,254^4} \cdot \frac{0,13^2}{0,62^2 . 69,5} = 0,716 \text{ Fuß.}$$

II) Der Strom in der Kolbenlochung wird gegen die erhobene Ventilklappe einen hydraulischen Druck ausüben. In §. 100. habe ich ihn den Centrifugaldruck genannt, worüber ich mich gelegentlich umständlicher erörtern werde, und ihn dem einfachen Wasserstoße gleich gesetzt. Bey der hiesigen äußerst langsamen Kolbenschiebung, wäre dieser nur

$$= \frac{0,715^2}{0,254^4} \cdot \frac{0,13^2}{4g} \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,254^2 . \gamma = \left(\frac{0,715}{0,254} \cdot 0,13\right)^2 .$$

$$\frac{\pi}{4} \cdot \frac{50}{69,5} = 0,076 \text{ ℔.}$$

Man hatte aber diese Ventilklappe auf $\frac{1}{4}$ ℔ schwer gemacht. Eben deshalb konnte sie, wie sich sogleich ergeben wird, nur so wenig erhoben werden, daß sie auch in ihrer größten Erhebung immerhin noch ziemlich $\frac{1}{4}$ ℔ Lastung gegen den Strom wird geäußere haben. Mag nun auch bey dieser geringen Erhebung der Stromdruck gegen sie, da er sich auf ihre grössere Fläche verbreiten konnte, auf das doppelte, also auf $= 0,152$ ℔ anzurechnen seyn; so macht doch dieser Druck immerhin noch nicht viel über die Hälfte von jenem $\frac{1}{4}$ ℔ aus. Daraus erhellet freylich, daß die Klappe nur wenig konnte gehoben werden, und eine beträchtliche Stromenge verursachen mußte.

Ich denke, wir werden die für sie nöthige Krafthöhe etwa auf $''\sigma = \frac{'v'v}{\beta\beta . g}$ ansetzen können; ohne wegen der

schon

schon vorhandenen Geschwindigkeit `v, ihre Höhe $\frac{v\,`v}{4g}$ davon abzuziehen, weil ja diese schon auf die Lastung der Klappe verwandt wird. Demnach hätten wir wegen des Kolbenventiles in jedem Satze die

$$\text{Krafthöhe } ''\sigma = \frac{0{,}715^2}{0{,}254^4} \cdot \frac{0{,}13^2}{0{,}62^2 . g} = 0{,}31 \text{ Fuß}$$

anzurechnen.

§. 140.

Für die 5 Sätze also $5.(`\sigma + ''\sigma) = 5.(0{,}716 + 0{,}31) = 5$ Fuß. Die Grundfläche dieser Druckhöhe ist die Fläche des Kolbenstockes neben der Lochung, also $= \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}715$; und daher der Kraftaufwand A in Pfunden.

$$A = 5. \frac{\pi}{4} \cdot 0{,}715. 50 = \frac{\pi}{4} \cdot 179 = 140 \text{ ℔}.$$

§. 141.

Für die Kolbenfriction nach der Formel $F = 0{,}03.\,HD$ ℔ hätten wir hier $D = 10{,}6$ Zoll, und selbst beym tiefsten Kolbenstande nur $H = 3{,}5$ Fuß; also nur $F = 11$ ℔. Aber bey so geringer Druckhöhe muß für die Gedrangheit des Kolbens selbst etwas angerechnet werden. Wir werden wenigstens $F = 32$ ℔ ansetzen müssen; welches für die fünf Sätze giebt $5\,F = 160$ ℔.

§. 142.

N Heisse nun N ℔ der gesammte Widerstand des Pumpenwerkes bey dem Niederschieben seiner Kolben, so haben wir $N = 160 + 140 = 300$ ℔.

Anmerk. Die Friction am Zapfen in T werden wir bey Berechnung der Friction an der Hauptschwinge mit in Rechnung nehmen.

Eilftes Kapitel.

Formeln zur Berechnung der einstiefligen Wassersäulenmaschinen.

§. 143.

Es heiße a = B σ, die verticale Entfernung zwischen dem Wasserspiegel des Sammelkastens und der untern Fläche des Treibkolbens, wenn dieser in M seinen niedrigsten Stand hat; so ist eben dieses a auch die Höhe des größten Druckes, welchen das Wasser im Fallwerke gegen den Kolben ausüben, und in seiner ganzen Größe nur ausüben kann, so lange der Kolben noch ruht. Fig. 1. a

·L, 'L, "L u. s. w. sollen die Längen der Wassersäulen (Wasserprismaten) bedeuten, welche bey dem Spiele der Maschine, im Fall- und Grundwerke in Bewegung kommen, und entweder wegen der verschiedenen Größe ihrer Querschnitte ·W, 'W, "W ꝛc. oder auch ihrer verschiedenen Neigung wegen, als so viele Theile der ganzen Wasserleitung vom Spiegel des Sammelkastens an, bis zum Anfange des Treibcylinders hin, zu unterscheiden seyn dürften. ·L 'L "L ·W 'W "W

Bey einer gut eingerichteten Maschine wird nähmlich jeder dieser Theile für cylindrisch oder doch prismatisch gelten können. Selbst auch für die Länge ·L des Wassers, welches zwischen dem Wasserspiegel ·W und der Fallröhreneinmündung in Bewegung kommt, wird man dieses annehmen dürfen; weil das Sinken des Wasserspiegels, bey einer gehörigen Weite ·W des Sammelkastens sehr unbeträchtlich während dem Steigen

gen des Kolbens ausfallen muß, und daher das unbeträchtliche Trägheitsmoment dieses Wassers hinreichend genau durch jene Annahme gefunden wird, daß die hier bewegte Wassermenge $\cdot M = \cdot L \cdot W$ sey.

$\cdot M$ Eben so sollen auch $'M = 'L\,'W$; $''M = ''L\,''W$ $'M$ u. s. w. die Wassermengen bedeuten, welche längst $'L$ $''M$ und $''L$ u. s. w. in der Leitung enthalten sind.

§. 144.

Selbst auch $\cdot M = \cdot L \cdot W$ wird wegen seiner unbeträchtlichen Bewegung für constant gelten können. Alle übrigen bisher angeführten Größen sind es wirklich, weil sie sämmtlich durch unveränderliche Dimensionen der Wasserleitung bestimmt werden.

Die folgenden Größen werden dagegen von der jedesmahligen Geschwindigkeit des schon bewegten Systemes abhängig seyn.

§. 145.

σ Es sey nähmlich $= \sigma$ derjenige Theil von a, welcher auf die sämmtlichen örtlichen Geschwindigkeitsvermehrungen, wegen der verengerten Querschnitte im Fall- und Grundwerke verwandt werden muß,

f auch $= f$ der Theil von a, welcher auf die Friction des bewegten Wassers an den Röhrwänden,

k und $= k$ der Theil von a, welcher auf den Widerstand der sämmtlichen Krümmungen und Biegungen im Fall- und Grundwerke, bis zum Kolben hin verwandt werden muß,

s endlich $= s$ die Länge des Wassercylinders, der wegen des bereits durch s gestiegenen Kolbens in den Stiefel getreten ist,

und

und = h die verticale Höhe dieser Länge (die nur bey vertical gestellten Stiefeln = s ist); h

alles in einem von denen Zeitpuncten der Kolbensteigung, da seine Geschwindigkeit noch wachsend ist, die für den beliebig wählbaren Zeitpunct = V heißen soll. V

Da der steigende Kolben von dem Wasser unter ihm in die Höhe getrieben wird, so wird, unter der Voraussetzung, daß neben seiner Liederung kein Wasser durchdringt, auch gewiß, daß eben dieses V auch die Geschwindigkeit eines jeden W ist; indem W W den Querschnitt des Stiefelwassers bedeuten soll.

Die gleichzeitigen Geschwindigkeiten der übrigen Querschnitte ·W, 'W, "W ꝛc. sollen ·V, 'V, "V ·V heißen, und die lateinischen V ihre Geschwindigkeits- 'V höhen: nähmlich $\cdot V = \frac{\cdot V \cdot V}{4g}$, $'V = \frac{'V\,'V}{4g}$ und ·V 'V

$V = \frac{V\,V}{4g}$; V

also g die Beschleunigung der Schwerkraft in einer Secunde, und daher g = 17,377 Leipziger Fuß, und 4g = 69,5 Fuß.

Noch sey = l — b derjenige Theil von a, welcher auf den Druck L, womit die auf den steigenden Kolben L drückende Last und sonstiges Bewegungshinderniß des Kolbens und der durch ihn zu bewegenden Maschinerie, seinem Steigen entgegen wirken, zu verwenden ist, nachdem von der eigentlich dazu erforderlichen Druckhöhe = l schon die Höhe b abgezogen ist, wegen desjenigen Druckes der Gegenwage und ihrer Gewichtslade S, welche der Steigerung des Kolbens zu Hülfe kommen würde, Falls die Maschine nach Fig. 2. eingerichtet wäre. l b

§. 146.

§. 146.

Heisse nun = p der noch übrige Theil von der
p Druckhöhe a,

also $p = a - \sigma - f - k - h - l + b$,

so muß eben dieses p denjenigen Theil der gesammten Druckhöhe a angeben, welcher in dem schon genannten unbestimmten, beliebig wählbaren Zeitpuncte der Beschleunigungszeit, zur ferneren Beschleunigung des ganzen Systemes vorhanden ist.

Der Druck, welcher aus diesem p gegen den steigenden Kolben, wenn wir uns dessen fernere Beschleunigung in diesem Zeitpuncte verhindert denken, entstehen müßte, dieses Drückungsmaaß der bewegenden Kraft (§. 67.) ist = p. W. γ. (E), und sein mechanisches Moment ist = V. p W γ. (E), wenn
γ γ das Gewicht eines Kubikfußes Wasser bedeutet, und V, p nebst W nach Fußen und Quadratfußen gemessen werden; (E) aber den Einfluß einer gewissen Winkelfunction E bedeutet, die wir bald erklären werden.

§. 147.

Folglich ist des Kolbens Beschleunigungszahl (§. 67.)

$$\frac{dV}{ds} = \frac{V.pW\gamma.(E)}{V(M\gamma + Mg)},$$

M wenn unter M die sämmtlichen im Röhrensysteme zu
M bewegenden, und auf die Kolbengeschwindigkeit V reducierten Wassermassen, und unter M die sämmtlichen vom Kolben selbst noch zu bewegenden Massen, ebenfalls auf die Kolbengeschwindigkeit nach dem Trägheitsmomente reduciert, verstanden werden, die γ und g aber
g anzeigen, daß auch hier das Gewicht dieser Massen anzusetzen ist.

Er=

Erklärung des E. E

§. 148.

Bey den Ungarischen Maschinen mag es allenfalls erlaubt seyn, auf diese Function gar nicht zu achten, weil sie bey ihnen sehr nahe = 1 seyn kann. Bey den Sächsischen Maschinen aber mußte sie nicht nur einen ziemlichen Kraftverlust verursachen, sondern auch noch einen anderen bedeutenden Einfluß auf den Gang der Maschine haben; und in beyder Hinsicht muß der Maschinist diese Function zu schätzen wissen.

Unser $p W \gamma$ ist das Druckmaaß der Kraft, welche zur Beschleunigung der Massen vorhanden ist; aber sämmtlich dazu verwandt wird sie nur, falls die sämmtlichen Massen, welche sie zu beschleunigen hat, nach Richtungen bewegt werden, die ihrer eigenen Richtung gemäß sind. Dieses konnte nun bey den Ungarischen Maschinen allerdings in hohem Grade Statt finden. Das Schachtgestänge wird bey ihnen, in der Regel, nach eben der Richtung von dem Treibkolben gehoben, nach welcher der Druck des Wassers unter ihm, ihn selbst in die Höhe treibt und zu treiben strebt. Wo aber die Richtung abgeändert werden muß, wie im Balancier oder etwanigen Vorgelege, da bedient man sich nach Möglichkeit der Krümmlinge mit Laschenketten; und wir werden in der Folge sehen, daß hiebey der Kraftverlust der Richtungsänderung in hohem Grade kann vermieden werden. Je mehr nähmlich eine Laschenkette durch Kürze ihrer Glieder einer biegsamen Schnur ähnlich wird; um desto mehr wird man dem Ziele sich nähern, daß die Wirkungsrichtung der Kraftrichtung gemäß bleibe, und der Krümmling von der Kette, wie eine Leitrolle von der biegsamen Schnur, immerfort tangential gezogen, also der tangierte

Punct ohne plötzliche Richtungsände-rung in Bewegung gesetzt werde.

§. 149.

Bey derjenigen Maschine aber, die wir im folgenden Kapitel berechnen werden, ist es lediglich die Masse des Treibkolbens und seiner Stoßstange, die der Richtung des Druckes p W γ gemäß gehoben wird. Die Hauptmasse wird in und an der Hauptschwinge, oder vermittelst derselben, in Bewegung gesetzt. Die sämmtliche Masse dieser Schwinge selbst, nebst ihrer beträchtlichen Gewichtslade U, muß nun in drehende Bewegung gesetzt werden, deren Richtung also auf den Halbmesser CQ normal ist. Derjenige Theil der Kraft aber, welcher vermittelst der Stoßstange diese Drehung hervorbringen muß, wird nur in zweyen Augenblicken der ganzen Drehung, völlig normal auf CQ seyn können; in allen übrigen Augenblicken der Drehung macht er mit CQ einen spitzen oder stumpfen Winkel $= 90° \mp \varepsilon$, und wird daher dem Abweichungswinkel ε gemäß cosinuiret.

§. 150.

Aus der bekannten Lehre von Zerlegung der Kräfte läßt sich nähmlich folgender für die Statik und Mechanik äußerst anstellige Satz herleiten: Wenn eine Kraft, sie mag nun einen Druck oder Zug zur Entwichtigung eines Widerstandes, oder auch eine bewegende Kraft ausmachen, um φ Grad anders gerichtet ist, als sie wirken soll; so wird sie durch den Abweichungswinkel φ cosinuiret; das heißt: wenn sie selbst = P ist, so wird sie nach der verlangten Richtung nur die Wirkung = P cos φ ausüben. Die zweyte von den beyden Seitenkräften, in die sie durch den Abweichungswinkel zerlegt wird, ist = P sin φ,

und

und macht den Grund der Kraftzerlegung eben deshalb aus, weil sie auf den Druck gegen irgend eine ruhende und unbewegliche Masse sich verwirken muß. (Die Entstehung des Ausdruckes von cosinuirter Kraft, findet man in meinen Beyträgen zur Mathematik und Physik, Stück IV.).

§. 151.

Bey der eben erwähnten Maschine war, so viel sich noch aus ihrer Zeichnung schließen läßt, der Winkel ε etwa 16° 16', in seinen größten Werthen, bey den äußersten Lagen der Hauptschwinge. Da wir nun den Druck, der vermittelst der Stoßstange P Q auf ihre Einachsung in Q ausgeübt wird, durchaus für vertical können gelten lassen; so wird eben dieses ε auch den Abweichungswinkel zwischen Kraft- und Wirkungsrichtung ausmachen. Da nun ferner derjenige Theil der Kraft $p W \gamma$, welcher auf die Bewegung des Kolbens und seiner Stoßstange selbst verwandt wird, nicht viel sagen will; so können wir annehmen, daß für die äußersten Lagen der Schwinge in unsrer Formel §. 147, das dortige $(\mathfrak{E}) = \mathfrak{E} =$ cos 16° 16' = 0,96 ist, so daß in diesen Lagen etwa $\frac{1}{25}$ der Kraft verloren gieng; indem in der Kraftrichtung ein Druck $= p W \gamma \sin \varepsilon$ gegen die Axe in C steckte, und dadurch die Kraft zerlegt wurde.

In den übrigen Lagen der Hauptschwinge ist der Kraftverlust geringer, da ε bis auf = o abnimmt, und dann wiederum bis auf = 16° 16' anwächst, indem die C Q sich der horizontalen Lage nähert, und dann darüber sich erhebt.

§. 152.

Ferner mußte es nun auch auf den Gang der Maschine einen bedeutenden Einfluß haben, daß die Kraft in der

ersten Auftreibungszeit des Kolbens den meisten Verlust litte, bis zur Mitte des Hubes hin in stärkere Wirksamkeit kam, und dann wiederum vermindert wurde. Wenn nicht etwa durch die Lage der Schwerpuncte an der Hauptschwinge eine ebenfalls beträchtliche und entgegengesetzte Verschiedenheit ihrer Ueberwuchts-Momente entstand; so mußte jenes Wachsen und Abnehmen der wirksamen Kraft die gute Folge haben, daß die Maschine sehr allmählig und lange beschleunigt, und dann eben so allmählig wiederum verzögert wurde. Aber da sie nicht mehr bekannt genug ist, um sie auch in Hinsicht ihrer wirklichen Beschleunigung und Verzögerung der Rechnung zu unterwerfen, und wir uns daher bloß auf die Annahme einer abgeglichenen constanten Beschleunigung einlassen können: so müssen wir auch den eben behandelten Kraftverlust abgleichen, und daher für das eigentlich sehr veränderliche E eine gehörige mittlere Größe desselben als eine constante Zahl in die Formel nehmen; wofür aber im Anfange der Beschleunigungszeit, das obige $E = 0{,}96$ selbst gelten kann. Es versteht sich, daß hiebey für jetzt nur vom Steigen des Treibkolbens und der Gewichtslade die Rede ist. Bey ihrem Niedergehen tritt ein etwas größerer Kraftverlust wegen e ein; der auch nicht ganz so einfach abzugleichen seyn wird.

Betrachtung des My und Mg in der Formel §. 147.

§. 153.

In M kommt nur ein Theil vor, welcher ausgemacht niemahls einer Reduction bedarf; die Masse M des Stiefelwassers, welche in dem gewählten Zeitpuncte der Beschleunigung in dem verticalen Stiefel die

Höhe

Höhe h = s einnimmt, also = s. W ist, und s W γ ihr Gewicht.

Da aber dieses veränderliche s bisweilen die einzige Größe bleibt, welche durch ihre Veränderlichkeit das Integrieren erschweren würde; so pflegen einige Mathematiker, wie **Langsdorf**, in solchen Fällen statt des veränderlichen s, welches während der Kolbensteigung von o bis auf L anwächst, seine mittlere Größe = $\frac{1}{2}$ L, andere, wie **Baader**, seine höchste Größe = L. anzusetzen.

Eigentlich würde man nur s = $\frac{1}{6}$ L anzusetzen haben, so lange man für die Voraussetzung rechnet, daß die Beschleunigung während des halben Kolbenhubes fortdaure und unveränderlich bleibe; oder man sollte geradezu s = o setzen, wo man für eine andere bisweilen schickliche Annahme rechnet, daß die Beschleunigung schon mit einem äußerst kleinen Anfangstheile der Kolbensteigung ihr Ende erreiche. In so fern bey dieser letztern Annahme, für die meiste Bewegungsdauer des Kolbens, die Gleichung seines Beharrungszustandes in Anschlag kommt; so würde dafür freylich mit Hrn. **Langsdorf** s = $\frac{1}{2}$ L zu setzen seyn. Auch für eine noch andere Voraussetzung, im zwölften Kapitel, komme ich auf s = $\frac{1}{2}$ L.

Bey manchen Pumpen wird diese Genauigkeit ihre Folgen haben, und bey den meisten wird es nöthig seyn, daß man für das s des Nenners, und für das h des Zählers in der dynamischen Gleichung (§. 178.) nach eigenthümlichen verschiedenen Gründen abgleiche.

Hier ist so eben von s des Nenners die Rede, der es mit dem Trägheitsmomente zu thun hat. Dabey kann nun statt s geradezu L gesetzt werden, weil doch etwas von dem Aufschlagewasser theils in dem

Steuerungsrohre, theils neben dem Treibkolben sich durchdrängen wird, was doch edenfalls in Bewegung gesetzt werden mußte. Ueberdies aber wird selbst auch durch des s höchsten Werth = L, nur ein Trägheitsmoment verursacht, welches gegen die übrigen Theile unsers M äußerst unbeträchtlich ist: daher denn eigentlich die Hauptsache bey der Abgleichung darin besteht, daß man auf irgend eine Weise der unbequemen Veränderlichkeit dieser Größe s sich entledigt habe.

§. 154.

Die übrigen Wassermassen ·M, ‘M, “M ꝛc. sind durch das Trägheitsmoment auf die Kolbengeschwindigkeit zu reducieren; daher man zuvörderst das ganze

$$M\gamma = LW\gamma + \frac{\cdot\mathfrak{B}\cdot\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}\mathfrak{B}}\cdot M\gamma + \frac{'\mathfrak{B}'\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}\mathfrak{B}}\,'M\gamma + \text{ꝛc.}$$

erhält (§. 68.).

Da ferner $\frac{\cdot\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}} = \frac{W}{\cdot W}$, und $\frac{'\mathfrak{B}}{\mathfrak{B}} = \frac{W}{'W}$ ist, u. s. w.

auch $\cdot M = \cdot L\cdot W$, und $'M = 'L\,'W$ ist, u. s. w.; so haben wir auch

$$M\gamma = LW\gamma + \frac{WW}{\cdot W\cdot W}\cdot L\cdot W\gamma + \frac{WW}{'W'W}\,'L\,'W\gamma + \text{ꝛc.}$$

also auch

$$M\gamma = W\gamma\left(L + \frac{W}{\cdot W}\cdot L + \frac{W}{'W}\,'L + \frac{W}{''W}\,''L + \text{ꝛc.}\right)$$

indem ja γ, das Gewicht eines Kubikfußes Wasser, bey diesem sämmtlichen Wasser einerley bleibt.

(Bey wirklicher Berechnung dieses M wird es sich von selbst aufdringen, daß $\frac{W}{'W}$ und $\frac{W}{''W}$ schon durch

$\frac{DD}{'D'D}$ und $\frac{DD}{''D''D}$ erhalten wird, falls die Querschnitte der Röhren kreisförmig sind, und D, 'D, ''D ihre Durchmesser bedeuten; daher wir in der Formel lieber die allgemeinern und einfacheren W stehen lassen).

§. 155.

M zu finden hat mehr Schwierigkeit.

I) Ein Theil davon besteht in der Masse des Kolbens und seiner Stoßstange, die von einer ziemlichen Dicke zu seyn pflegt. Dieser Theil hat durchaus die Geschwindigkeit V, und bedarf daher keiner Reduction.

II) Ein anderer Theil wird, entweder nach Fig. 2. von der Gegenwage RS, oder nach Fig. 1. von der Hauptschwinge QT herrühren, und sich ebenfalls recht gut bestimmen und reducieren lassen, wenn seine Form und Masse hinreichend gegeben ist. Fig. 1.

III) Ein dritter Theil besteht in der gehörig reducierMasse des Steuerungsgeschirres. Es kommt auf dessen Einrichtung an, ob sein Trägheitsmoment ohne große Mühe zu finden sey. Am leichtesten durfte es für Hölls einfachen Fallklotz geschehen können. Ueberhaupt aber wird, bey einer guten Einrichtung dieses Geschirres, sein Trägheitsmoment nicht so beträchtlich ausfallen, daß man sich mit einer sehr genauen Berechnung desselben zu befassen braucht.

IV) Endlich wird der übrige Theil des M in den reducierten Massen derjenigen Maschinerie bestehen, deren Bewegung eigentlich die Absicht der ganzen Säulenmaschine ausmacht, und nach hiesiger Voraussetzung (§. 25.) in einer hydraulischen Kunst bestehen soll. Für alle, die in Sachsen erbaut waren, bestand die

Kunst aus sogenannten niedrigen Sätzen, die nämlich zum allergrößten Theil durch Saugen wirken sollen, und keinen beträchtlichen Wasserstand über dem Kolben zu heben haben. Uebrigens wird dieses Kunstgezeug bald mit bald ohne Geschleppe oder sonstiges Zwischengeschirr angebracht.

Wie groß oder klein nun auch diese sämmtliche, auf die Geschwindigkeit ihres Isten Theiles reducierte Masse M und ihr Gewicht $M\gamma$ ausfallen mag; so kann man dieses letztere durch eine gleichwichtige Wassersäule $= a\,W\gamma$ sich ausgedrückt denken, deren Höhe $= a$, und deren Grundfläche $= W$, nähmlich der Grundfläche des Treibkolbens gleich ist.

a

§. 156.

Dadurch erhalten wir nun für die Formel §. 147.

$$M\gamma + \mathfrak{M}g = (L + \frac{W}{'W} \cdot L + \frac{W}{''W}\,'L\,\text{ꝛc.} + a).\ W\gamma$$

$$\text{also } \frac{dV}{ds} = \mathfrak{E}\,\frac{a - \sigma - f - k - h - l + b}{L + \frac{W}{'W} \cdot L + \frac{W}{''W}\,'L\,\text{ꝛc.} + a},$$

indem wir jetzt nicht nur durch V und durch W im Zähler und Nenner dividirt, sondern auch γ weggelassen haben, unter dem Beding, daß man für dieses γ einerley Zahl gebraucht. Es ist gar wohl erlaubt dafür die bequeme Zahl 50 zu wählen, und erst nachher, wo es von beträchtlichem Einflusse wird, daß das Aufschlagewasser um etwas leichter als das Grubenwasser seyn mochte, auf diesen Umstand Rücksicht zu nehmen.

§. 157.

Der Nenner dieses Ausdruckes in seiner dynamischen Seite ist nun bis auf a eine ausgemacht constante Größe. Denn so sehr es auch bey den Trägheitsmomen-

momenten der Massen auf ihre jedesmahligen, und im Beschleunigungszustande noch immerfort anwachsenden Geschwindigkeiten ankommt; so ist es doch aus den Ausdrücken in §. 154. eben so einleuchtend, daß die Reduction dieser Massen vermittelst der Trägheitsmomente, nur von solchen Geschwindigkeitsverhältnissen abhängt, die bey dem hier vorhandenen Röhrensysteme durch dessen constante Querschnitte bestimmt werden. Bey der einen nicht zu reducierenden Masse aber, der Länge $s = L$ angesetzt ist, kommt die Geschwindigkeit deshalb nicht mehr in der abgekürzten Gleichung vor, weil diese Masse mit der bewegenden Kraft am Kolben immerfort einerley Geschwindigkeit hat, jenes Verhältniß also $= \frac{V}{V} = 1$ ist.

Was nun die Veränderlichkeit des a betrifft, so scheint sie wegen dessen letztern IVten Theiles (§. 155.) am beträchtlichsten werden zu können; doch nur für den Fall, daß mit steigendem Treibkolben zugleich auch die Pumpenkolben ebenfalls angehoben werden, wie es nach Fig. 2. geschieht; und selbst in diesem Falle wird ja, gegen die beträchtliche constante Masse der Kunststange nebst den Zugstangen und ihren Kolben, sammt dem constanten Theile des Wassers über ihnen, der übrige veränderliche Theil desselben eine so unbedeutende Größe ausmachen, daß es offenbar auch hier erlaubt ist, an ihrer Statt eine constante mittlere Größe derselben zu gebrauchen; wodurch wir dahin kommen, den ganzen schon erwähnten Nenner constant zu erhalten.

§. 158.

Was den ihm zugehörigen Zähler betrifft; so ist es gewiß genug, daß a, die Höhe des Wasserspiegels im Sammelkasten über dem untersten Kolbenstand, in

der Regel allemahl für eine constante Größe sollte gelten können. Obgleich während der Kolbensteigung nicht ganz so viel Wasser in den Sammelkasten einfließen wird, als aus ihm niedersinkt, besonders bey einstiefligen Maschinen, und falls ihr Kolbenaufgang nicht viel länger dauert, als ihr Niedergang: so könnte und sollte doch dieses Sinken ganz unmerklich dadurch gemacht werden, daß man dem Sammelkasten einen etwas großen Wasserspiegel giebt.

Nur im Nothfalle, bey einer fehlgebauten Maschine, (wo man die besseren dazu vorhandenen, und weniger Kraft kostenden Mittel verabsäumt hätte,) würde ich einen engen und tiefen Sammelkasten anbringen, um dem steigenden Treibkolben, gegen das Ende seines Hubes eine nöthige Verzögerung zu verschaffen.

Sollte es der Maschine an gehörigem Aufschlagewasser fehlen, oder mit andern Worten, ihr Kolbenhub für das vorhandene Aufschlagewasser zu groß eingerichtet seyn; so würde freylich sogar der Fall eintreten können, daß das Wasser im Sammelkasten sich beträchtlich, und nach Beyspielen (bey der zweystiefligen auf Herzog Carl) sogar bis unter die Einmündung der Fallröhre herabsenkt: aber einen so unrathsamen Zustand der Maschine muß man durchaus zu vermeiden wissen, und daher keiner Berechnung werth halten.

§. 159.

Die Größen o, f und k sind freylich sämmtlich Functionen von V (Siebendes Kapitel) und daher auch von $\mathfrak{B}$, da $V = \frac{\mathfrak{B}\mathfrak{B}}{4g}$ ist.

Aber

Aber da diese Größen überhaupt mit völliger Genauigkeit nicht können angegeben werden; so wird man

1) schon aus diesem Grunde sehr geneigt seyn, sie sämmtlich nur nach der mittleren Geschwindigkeit des aufsteigenden Kolbens zu berechnen, die man dadurch findet, daß man seine Hublänge = L durch seine Hubzeit dividirt.

Es würde 2) auch diese Berechnung nach der mittleren Geschwindigkeit, um desto mehr gerechtfertigt werden, je kürzer die lebhafteste Beschleunigung im Anfange der Kolbensteigung nur dauerte, und je wahrscheinlicher es wäre, daß nachher die Beschleunigung sehr unbeträchtlich ausfallen müsse, wo mit vermehrter Anhebung in einem verticalen Treibcylinder der Widerstand vermehrt, und etwa kein anderweitiger Kraftersatz besorgt wäre. Indessen sollte man vielmehr, besonders bey Kolbenwerken, allemahl dafür sorgen, daß die Beschleunigung sehr allmählig zunehme; und bey der hier betrachteten Maschine hat dieses vermuthlich Statt gefunden, ob ich gleich die eine Art ihres Kraftwachses eben nicht billigen kann. (§. 152.).

3) Aber die bündigste und allgemeinste Rechtfertigung für den Gebrauch der mittlern Geschwindigkeit wird darin bestehen, daß bey gut gebauten Säulenmaschinen, die sämmtlichen Größen σ, f und k, nur sehr unbeträchtlich ausfallen, und es aus diesem Grunde durchaus und niemahls nicht der Mühe werth ist, durch Betrachtung ihrer veränderlichen Geschwindigkeit, das Integrieren der dynamischen Gleichung sich zu erschweren.

§. 160.

§. 160.

Die Grösse b und das dadurch bestimmte b W γ, derjenige Druck der Gewichtslade in der etwanigen Gegenwage RS nach Fig. 2, welcher der Kolbensteigung zu Hülfe kommt, wird in hohem Grade constant gemacht werden könnnen, wenn man es so verlangt; er wird aber auch so eingerichtet werden können, daß er gleich anfangs entweder stärker oder schwächer als nachher wirkt. Es hängt dieses, wie man leicht sieht, von der horizontalen und der verticalen Entfernung zwischen der Drehungsaxe und dem Schwerpuncte im Gewichtsarme des Balancier ab, und es scheint mir aller Beachtung werth zu seyn, daß man durch dieses einfache Mittel eine ziemliche Modificierung der Beschleunigungsart in seiner Gewalt hat, nahmentlich auch ein plötzliches, so genanntes Aufsetzen der Maschine dadurch mit vermindern kann.

Eben dieses wird auch bey manchen Maschinen von einem beträchtlichen Theile des l gelten, welches durch l W γ den Widerstand ausdrückt, den die gesammte Kolbenmaschinerie der Steigerung des Treibkolbens entgegen setzt. Ist nähmlich die Maschine gleich der Sächsischen einstiefligen so eingerichtet, daß der Arm der Hauptschwinge, welcher vom Treibkolben in die Höhe bewegt wird, eine sehr beträchtliche Gewichtslade hat; so wird es ebenfalls auf die Lage ihres Schwerpunctes mit ankommen, ob l ziemlich constant, oder merklich wachsend und abnehmend seyn soll.

Allerdings erhellet hieraus, daß l — b nicht bey allen Maschinen ohne merklichen Fehler als constant behandelt werden kann. Bey einigen aber wird dieses der Fall seyn, und wir würden für diesmahl, um bey der ersten allgemeinen Betrachtung der Sache nicht durch schwierigen Calcul zerstreut zu werden, dieses

so

so annehmen müssen, wenn auch die Maschine noch genauer bekannt wäre, als es wirklich der Fall ist.

§. 161.

Auch statt h, der wachsenden Höhe des Stiefelwassers bey steigendem Kolben, müssen wir eine constante Größe für die Gleichung zu erhalten suchen. Es wird aber dieses mit mehrer Vorsicht als bey dem S geschehen müssen. Alle bisher erwähnten Säulenmaschinen hatten 16 bis 50 Lachter Fallhöhe in ihrem Fallwerke, also a = 112 bis 350 Fuß hoch, wogegen h nur eine unbeträchtliche Höhe freylich ist! Man muß aber bedenken, daß für die Beschleunigung der Maschine nur ein geringer Theil von a übrig bleibt, der auch durch die wenigen Fuße, um welche h wächst, eine sehr merkliche Verminderung leidet; daher das Wachsen des h einen bedeutenden Einfluß auf den Beschleunigungs- und Verzögerungszustand der Maschine gewinnt.

§. 162.

Unter dem Beding, daß auch für h, der beabsichtigten oder vorhandenen oder gewählten Beschleunigungszeit gemäß, eine constante Größe gesetzt werde, haben wir nun in der dynamischen Seite der Gleichung

$$\frac{dV}{ds} = E. \frac{a - h - (\sigma + f + k) - l + b}{L + \frac{W}{W} \cdot L + \frac{W}{W} \cdot L \text{ ꝛc.} + a}$$

lauter constante Glieder; wodurch die fernere Behandlung dieser Gleichung in Absicht des Integrierens ungemein leicht ausfallen wird.

In

In ihrer dynamischen Seite den Zähler wiederum
1 durch p, den Nenner durch $1 + a$ ausgedrückt, haben wir

$$\frac{dV}{ds} = \frac{\mathfrak{E}.p}{1+a}.$$

§. 163.

Jetzt bedacht, nach §. 66, daß der phoronomische Ausdruck der Beschleunigungszahl auch $= \frac{d\,\mathfrak{V}}{2g\,dt}$ ist,

giebt uns auch $d\mathfrak{V} = 2g\,\frac{\mathfrak{E}p}{1+a}\,dt$;

folglich auch $\mathfrak{V} = 2g\,\frac{\mathfrak{E}p}{1+a}\,t$; das ist $\frac{ds}{dt} = 2g\,\frac{\mathfrak{E}p}{1+a}\,t$

also $ds = 2g\,\frac{\mathfrak{E}p}{1+a}\,t\,dt$ und $s = g\,\frac{\mathfrak{E}p}{1+a}\,tt$;

worin nun s die Länge bedeutet, um welche der Kolben während eines beliebigen Theiles t seiner Beschleunigungszeit, von ihrem Anfange an gerechnet, gestiegen ist.

§. 164.

Bey einer nur ungefähren Berechnung der Maschine wird es immerhin erlaubt seyn, den Costnualverlust auf eine leichte Weise abzugleichen. Indessen ist es doch der Mühe werth, in den allgemeinen Formeln an die hauptsächlichsten nach und nach eintretenden Wirkungen und Modificierungen dieses Kraftverlustes sich erinnern zu lassen. Bey einer noch zu erbauenden Maschine kann gar wohl die Frage eintreten, ob die Größe dieses Kraftverlustes beträchtlich genug sey, um die Kosten und technischen Schwierigkeiten, welchen seine Vermeidung oder Verminderung unterworfen ist, daran wagen zu müssen.

Bey der ungefähren Berechnung mancher Säulenmaschinen wird es erlaubt seyn, das t der dynamischen Gleichung sogleich auf die halbe Dauer der Kolbensteigung auszudehnen; also $t = \frac{1}{2}\tau$ zu setzen, und dieser Ansetzung gemäß die Kraft gehörig abzugleichen. Da sich aber beydes mit der gehörigen Sicherheit nicht gut beurtheilen läßt, bevor man nicht die übrigen Hauptgrößen der ersten dynamischen Gleichung schon berechnet hat; so müssen wir auf Mittel denken, diese anzunehmende Zeitdauer der hypothetischen constanten Beschleunigung, als ein noch unbestimmtes $t = \frac{\tau}{n}$ aufzuführen, und dennoch die übrigen Hauptgrößen gehörig berechnen zu können. τ

Wird nun $t = \frac{\tau}{n}$ gesetzt, und auch für $\mathfrak{E}$ eine abgeglichene mittlere Größe dieser Function vorausgesetzt; so haben wir

$$s = g \frac{\mathfrak{E}.p}{1+a} \cdot \frac{\tau\tau}{nn}$$

mit der Forderung, daß die Beschleunigung als constant behandelt werde, das erste $\frac{1}{n}\tau$ der Kolbensteigung hindurch dauern, und bis zur Mitte der Kolbensteigung hin wenigstens (von dem übrigen wollen wir späterhin reden), also während der auf das erste $\frac{\tau}{n}$ folgenden $\frac{\tau}{2} - \frac{\tau}{n} = \frac{n-2}{2n}\tau$ Secunden, eine gleichförmige Bewegung eintreten solle.

Ihre Geschwindigkeit heiße $\mathfrak{C}$, so wird, in der Hypothese geblieben,

$$\mathfrak{C} = 2g \frac{\mathfrak{E}p}{1+a} \cdot \frac{\tau}{n}$$ seyn; und mit dieser Geschwindig-

digkeit wird während der $\frac{n-2}{2n}\tau$ Secunden

eine Raumlänge $s' = \mathfrak{C}.\frac{n-2}{2n}\tau = g\frac{\mathfrak{E}p}{l+a}\cdot\frac{n-2}{n}\tau.\frac{\tau}{n}$

vom Kolben durchstiegen; so daß $s + s' = \frac{1}{2}L$ giebt.

$$\text{Also auch } s + g.\frac{\mathfrak{E}p}{l+a}\cdot\frac{n-2}{nn}\cdot\tau\tau = \frac{1}{2}L$$

$$\text{also } s = \frac{1}{2}L - g\frac{\mathfrak{E}p}{l+a}\cdot\frac{n-2}{nn}\cdot\tau\tau.$$

Dieser Werth des s in die obige Gleichung für s gebracht, giebt

$$\frac{1}{2}L = g\frac{\mathfrak{E}p}{l+a}\cdot\frac{\tau\tau}{nn} + g\frac{\mathfrak{E}p}{l+a}\cdot(n-2).\frac{\tau\tau}{nn}$$

$$\text{d. i. } \frac{nn}{2n-2}\cdot L = g\frac{\mathfrak{E}p}{l+a}\cdot\tau\tau.$$

§. 165.

Der Kürze wegen $n = \frac{nn}{2n-2}$ gesetzt, haben wir also

$$nL = g\,\mathfrak{E}.\frac{a-h-(\sigma+f+k)-l+b}{L+\frac{W}{n\cdot W}\cdot L+\frac{W}{n\cdot W}\cdot L\,\text{ꝛc.}+a}\tau\tau,$$

welches nun für die abgeglichene Berechnung einer Säulenmaschine die erste Hauptgleichung ausmacht. Auf mancherley Weise wird man sie, bald so bald anders zu benutzen haben, je nachdem bald diese bald jene von ihren Größen, als die gegebnen betrachtet, und andere daraus gesucht werden.

Zu

Zu diesem Behufe muß zuvörderst l gefunden werden, weil dieses den Druck $lW\gamma$ abmißt, mit welchem der Treibkolben selbst, sammt seiner mit ihm verbundenen Maschinerie, der Kraft, die ihn aufwärts treibt, entgegen lasten darf, indem er während τ Secunden seinen Hub vollendet.

§. 166.

Aus der letzten Gleichung ergiebt sich nun

$$l.W\gamma = (a - h - (o + f + k) + b - x.nL.\frac{L + \frac{w}{W}.L + \frac{w}{W}.L\,\&c. + a}{Eg\tau\tau}) : W\gamma$$

dessen x uns erinnern soll, bey jeder wirklich bestimmten Maschine es zu beurtheilen, wie viel von dem letzten negativen Gliede, für den ganzen Kolbenhub wirklich anzurechnen sey! Denn etwas von der Kraft, welche zur Beschleunigung erfordert wird, kann schon bey der bisherigen Einrichtung der Säulenmaschinen, während ihrer Verzögerung ihnen wiederum zu Gute kommen. Sey es auch nur ein weniges, so wird sich dagegen eine solche Einrichtung dieser Maschinen treffen lassen, daß die ganze Beschleunigungskraft so gut als völlig, während der Verzögerung wieder ersetzt wird. Dann werden wir, wo vom $lW\gamma$, während des ganzen Kolbenhubes im Durchschnitt genommen, die Rede ist, durch x uns erinnert finden, diesen Kraftaufwand des letzten Gliedes gar nicht anzurechnen.

§. 167.

Ein Theil des $lW\gamma$ besteht in dem Widerstande, welchen die Friction des Treibkolbens selbst verursacht.

f Dieser sey = f W γ′; so ist nun (l = f). W γ′ die übrige Lastung, welche der Kolben und seine Maschinerie noch verursachen darf; und ich schreibe hier γ′ statt γ, um daran zu erinnern, daß man hier nicht geradezu γ = 50 ℔ gebrauchen, sondern ein geringeres ansetzen muß, Falls der Kubikfuß dieses Aufschlagewassers beträchtlich weniger wiegt.

§. 168.

Fig. 1. Den genannten Widerstand werden wir durch dessen Abtheilung nach dem linken und rechten Arme der Hauptschwinge am besten auffassen können.

Am linken Arme, an einer geachsten Welle in T hängt die Kunststange, welche längs den unter einander stehenden Kunstsätzen im Schachte niedergeht, und die ihr angetragenen Zugstangen mit ihren Satzkolben, bey steigendem Treibkolben niederschiebt. Das gesammte Gewicht, womit dieses Kunstgestänge sammt dem Kolben, auf den Punct T niederwärts zu drücken

S′ vermag, heiße = S′, nach Abzug dessen, was dadurch schon getragen wird, daß die Kolben und die untern Theile ihrer Zugstangen Wasser in den Kolbenröhren wegdrücken.

Wegen der beträchtlichen Stärke, die man solchen langen und hölzernen Kunststangen zu geben hat, wird nun S′ allemahl sehr überflüssig hinreichend ausfallen, um dem sämmtlichen Widerstande der niedergehenden Satzkolben das Gleichgewicht zu halten. Der dazu

N erforderliche Theil des S′ heiße N; so bleibt noch S′ — N als Lastung an T übrig: und das statische Moment dieser Lastung ist = E. (S′ — N) e, wenn

e e = CT bedeutet, und angenommen wird, daß in der Mitte des Hubes die CT horizontal liege, welches in hinreichendem Grade der Wahrheit gemäß ist.

Eben-

Ebenfalls so gut als an den linken Arme der Hauptschwinge, doch in geringrer Entfernung r von C, wird der Druck R geleistet, welcher für das Steuerungsgeschirr erfordert, und ebenfalls durch jenes S′ — N noch reichlich mit bestritten wird. Das statische Moment dieses Druckes ist = Rr. Da es nur unbeträchtlich ist, so kann es zur bequemen Aehnlichkeit der Ausdrücke, ebenfalls als = E. Rr angesetzt werden. r R

Sey noch B das Gewicht des linken Armes selbst, und = b die Entfernung zwischen seinem Schwerpuncte und C, unter der Voraussetzung daß in der Mitte der Hubzeit auch dieser Schwerpunct gänzlich oder doch ziemlich in der Horizontalebne durch C liege; so ist nun

= E. (Bb + (S′ — N). e — Rr) das statische Moment des Druckes, welcher überhaupt am linken Arme vorhanden ist, um ihn niederwärts zu drücken. Der Kürze wegen wollen wir dieses Moment auch durch eP E andeuten. eP

§. 169.

Sey dagegen = eP. (E), das statische Moment, welches am rechten Arme der Hauptschwinge, ihn niederwärts zu drücken eP

1) aus dem Gewichte des rechten Armes selbst,

2) aus der Gewichtslade über ihm, und

3) aus dem Gewichte der Stoßstange nebst dem an ihr hangenden Treibkolben entstehen würde, und sey dabey = e, die Entfernung zwischen C und der Verticallinie durch des Treibkolbens Mittelpunct, also P (E) der Druck, welcher aus 1) 2) und 3) zusammengenommen, auf den Punct Q entsteht, indem (E) den Einfluß bedeutet, welchen die Winkelfunction E e

auf diesen Druck hat: so muß e P (E) beträchtlich gröſſer als e P E seyn; weil ja nachher, bey niederschiebenden Treibkolben, die Bewegung der sämmtlichen mit ihm verbundenen Maschinerie, welche dann auch die Anhebung der Kunstsätze zu bewirken hat, durch e P. (E) — e P. E muß bewerkstelligt werden.

§. 170.

Wenn wir diesen Ueberschuß = e U. (E) nennen, also e P. (E) = e P. E + e U. (E) setzen; so ist dann

I) dieses U (E) der eine Theil des nach §. 167 noch übrigen Widerstandes (l — f). W γ′, welchem der Treibkolben bey seinem Steigen das Gleichgewicht halten muß; und

II) der gröſßte Theil des Widerstandes, welchen er zu bestreiten hat, rührt von der Friction her, welche an den Zapfen der Hauptschwinge in C, und an den Wellzapfen in Q und T zu überwinden ist. Das Moment dieses dreifachen Frictionswiderstandes sey = e F; so haben wir nun

$$e\,(l - f).\,W\gamma = e\,U\,(E) + e\,F.$$

Also $U.\,(E) = (l - f).\,W\gamma - F$, und

daher $e\,P.\,(E) = e\,P.\,E + e\,(l - f)\,W\gamma - e\,F$

d. i. $e\,P.\,(E) = E.\,(Bb + e\,(S' - N) - Rr) + e\,(l - f)\,W\gamma - e\,F.$

Eigentlich sollte $\frac{e\,F}{E}$ statt e F aufgeführt werden; aber es kann dieses Glied in Vergleichung der übrigen nicht sehr beträchtlich ausfallen: daher wir zu mehrer Bequemlichkeit dieses E geradezu weglassen.

§. 171.

§. 171.

Ich hielt für rathsam, uns zuvörderst auf diese Gleichung zu bringen, nach welcher P. durch Berechnung ihrer rechten Seite soll gefunden werden. Denn an einer schon vorhandenen Maschine wird man durch Abmessung und Berechnung ziemlich genau das statische Moment ausmitteln können, welches jede von den drey Lastungen in §. 169, verursacht, und mit ihrer Summe wird dann eP gleichsam durch unmittelbare Beobachtung gefunden seyn. Stimmt nun damit überein, was wir durch die rechte Seite unsrer Gleichung finden; so wird uns dieses zu einiger Beruhigung über die Richtigkeit der bisher gebrauchten Formeln und ihrer Berechnung dienen.

Auch wird man ja wohl geradezu mit der Berechnung des P den Anfang zu machen haben, wo es nur darauf ankommen soll, bey einer schon erbauten Maschine zu berechnen, wie viel mechanisches Moment durch sie für das Kunstgestänge entstehen könne!

§. 172.

Denn da P, oder doch (E) P, das Druckmaaß der Kraft ist, welche der rechte Arm der Hauptschwinge sammt seiner Gewichtslade und dem Gewichte der Stoßstange nebst dem Kolben, nach der verticalen Richtung durch die Mitte des Kolbens auszuüben vermag; so wird uns eben dieses P auch für den Niedergang des Treibkolbens eine merkwürdige Größe bleiben. Gerade von P muß ja bey niedergehenden Treibkolben so gut als alles in Bewegung gesetzt werden, was mit diesem Niedergange zu bewegen ist. Das Gewicht hWγ des Wassers im Treibcylinder, ist die einzige Kraft, die dem P etwas zu Hülfe kommt.

p Es werde nun dieses P durch $= pW\gamma$ ausgedrückt; so ist p die hydrostatische Höhe dieses Druckes über dem Treibkolben.

'f Von ihr muß zuvörderst ein Theil, er heisse $= 'f$, auf die Friction des niedergehenden Treibkolbens verwandt werden, und

o ein zweiter Theil $= o + k + f$, auf die örtliche Geschwindigkeitsvermehrung, welche das Stiefelwasser
k annehmen muß, indem es durch die Oeffnung seines Bo-
f dens zurückgetrieben wird, nebst k und f für Krümmungswiderstand und Friction in seinem Rücklaufe durch die hinteren Verbindungsröhren.

f Ein dritter Theil $= f$ ist auf die Friction an den drey Zapfen zu verwenden;

s ein vierter Theil $= s$ auf den Widerstand des Steuerungsgeschirres;

q ein fünfter Theil $= q$, um dem linken Arme der Hauptschwinge das Gleichgewicht zu halten; und endlich

ein sechster und siebenter Theil $= g + h$, um das Kunstgestänge aufzuwägen, und den hydraulischen Widerstand sammt andern Bewegungshindernissen der Satzkolben zu bestreiten.

Anmerkung. Wir haben hiemit die Theile des Widerstandes aufgezählt, welche von P in statischem Gleichgewicht zu erhalten sind, und hiebey kann die Cosinuirung beseitigt werden; weil sie dem beträchtlichsten Theile des P auf der einen Seite, und auf der andern Seite durch den beträchtlichsten unter den aufgezählten Widerstandstheilen gemein ist.

§. 173.

Der Ueberschuß

$$(h+p-{}'f-(o+k+f)-f-s-q-(g+h)W\gamma$$

welcher $U = u.W\gamma$ heißen mag, U

wird nun wiederum dadurch bestimmt werden, daß er groß genug seyn muß, um der sämmtlichen Masse, welche beym Niedergehen des Treibkolbens in Bewegung zu setzen ist, eine so große Beschleunigung beyzubringen, daß der Kolben seinen Niedergang während ϑ Secunden vollende, indem er das erste $\frac{1}{n}\vartheta$ hindurch ϑ beschleunigt wird, nachher aber in gleichförmige Bewegung kommt, und den letzten Theil des Niederganges mit verzögerter Bewegung endigt.

Wenn wir ferner auf ähnliche Weise, wie vorhin bey der Steigung des Kolbens, in der dynamischen Gleichung lauter constante Glieder anstellen; so würden wir, ohne auf die Winkelfunction $\mathfrak{C}$ zu achten, die Gleichung

$$nL = g\frac{u}{{}'m+{}''m}\cdot\vartheta\vartheta \text{ erhalten,}$$

indem L die Länge des Kolbenhubes, folglich auch seines Niederganges, schon bedeutet L

${}'mW\gamma$ aber das Gewicht der reducirten Masse in den Kunstsätzen bey ihrem Anheben, und

${}''mW\gamma$ das Gewicht der übrigen beym Niedergange des Treibkolbens zu bewegenden Massen bedeuten soll, nachdem sie ebenfalls vermittelst ihrer Trägheitsmomente auf die mittlere Geschwindigkeit $\mathfrak{C} = \frac{L}{\vartheta}$ des niedergehenden Treibkolbens reducirt sind.

§. 174.

Bey Beachtung der Winkelfunction E aber werden wir dahin zu sehen haben, daß die Gleichung dadurch nicht unbequem zerstückelt werde.

u′ Ein Theil von u, er heiße u′, hat die Masse des Treibkolbens und seiner Stoßstange nebst dem Wasser unter ihm, nach vertikaler Richtung zu beschleunigen. Gewiß wirkt jede Kraft dahin, wo sie die wenigste Cosinuirung zu leiten hat. Da nun das Gewicht der Stoßstange und ihres Kolbens hinreichend seyn wird, nicht nur dem Widerstande f und (o + k + f) das Gleichgewicht zu halten, sondern auch die eben erwähnte Beschleunigung zu bewirken; so wird dieses u′ freylich gar keiner Cosinuirung unterworfen seyn. Aber da das ganze u′ nicht sehr beträchtlich seyn kann, so ist es schon deshalb nicht der Mühe werth es in dieser Hinsicht einzeln zu behandeln. Nehmen wir noch dazu, daß von dem ganzen Gewichte der Stoßstange gewöhnlich noch ein andrer Theil übrig bleiben wird, der die übrige Kolbenmaschinerie mit beschleunigen hilft, also vermittelst der Schwinge wirken muß, und daher schon deshalb cosinuirt wird; so werden wir uns um so mehr berechtigt finden, dieses u′ sogleich mit dem folgenden u″ der einfachen Cosinuirung zu unterwerfen.

u″ Ein zweyter Theil u″ hat die Masse der Hauptschwinge nebst ihrer Gewichtslade in Bewegung zu setzen, daher seine Wirksamkeit nur = E u″ betrift. Das vorige u′ mit eingerechnet, haben wir für u′ und u″ die Wirksamkeit E (u′ + u″).

u‴ Ein dritter Theil u‴ muß als Zug in T, zur Anhebung des Kunstgestänges wirken. Dieser Theil wird auf die Wirksamkeit E u‴ schon dadurch herabgebracht,

gebracht, weil er selbst vertical gerichtet ist, und doch die Schwinge, auf deren rechten Arm er drückt, in drehende Bewegung setzen muß. Eben deshalb aber wird nun auch der Zug, den er in T bewirkt, tangential auf CT gerichtet seyn. Da er gleichwohl das Schachtgestänge nach verticaler Richtung heben muß, so wird er hier aufs neue cosinuirt, und dadurch seine Wirksamkeit herabgebracht auf $= \mathfrak{E}\mathfrak{E}\, u'''$.

Ein vierter Theil u'''', der auf die Beschleuni- u''''
gung des Steuerungsgeschirres verwandt wird, ist unbeträchtlich; und mag daher ohne genauere Erwägung, der doppelten Cosinuirung des dritten Theiles mit unterworfen oder nach Befinden auch gänzlich weggelassen werden.

§. 175.

Wenn daher $(\mathfrak{E})$ den Einfluß bedeutet, welchen die Winkelfunction $\mathfrak{E}$ auf die sämmtliche bewegende Kraft $u\,W\gamma$ hat; so haben wir

$$(\mathfrak{E}).\, u = \mathfrak{E}\,(u' + u'') + \mathfrak{E}\mathfrak{E}\,(u''' + u'''').$$

Bey jeder Anwendung auf eine bestimmte Maschine, wird sich nun durch Beachtung der Verhältnisse, welche zwischen den fünf u vorhanden sind, das $(\mathfrak{E})$ als ein $m\,\mathfrak{E}$ ausdrücken lassen. Auch wird es m
hiebey gar wohl erlaubt seyn, die kleine Größe h dem Factor $m\,\mathfrak{E}$ mit zu unterwerfen.

§. 176.

Dadurch erhalten wir nun statt der letzten Gleichung in §. 173, die folgende

$$nL = g\,\frac{m\,\mathfrak{E}\,u}{'m + {}''m}\,\vartheta\vartheta;\ \text{das ist,}$$

$$nL = \frac{gm\mathfrak{E}}{m + {}''m}\,\mathfrak{gg}$$

§. 177.

Aus ihr folgt dann endlich, indem auch hier wie in §. 166, dem letzten Gliede ein Erinnerungs = x hinzugefügt wird,

$$(g + h).\ W\gamma = (h + p - {}'f - (o + k + f) - f - s - q - x\,nL\,\frac{{}'m + {}''m}{gm\mathfrak{E}\mathfrak{gg}})\ W\gamma$$

als die Größe des Drucks, welche bey niedergehendem Treibkolben in der Entfernung = n von C vorhanden ist, um am jenseitigen linken Arme in der Achsenentfernung $e = CT$ den Zug

$$\mathfrak{Z} = \frac{e}{e}(g + h).\ W\gamma$$

zu gewähren, der nun die Gegengrösse des Z in §. 137, ausmacht, wo Z den Widerstand des Kunstgestänges sammt seiner hydraulischen Bewegungshindernisse bedeutet.

Bloß diesem Widerstande Z hat $\mathfrak{Z}$ das Gleichgewicht zu halten: denn was zur Beschleunigung der Massen in den Kunstsätzen, von der gesammten Kraft des rechten Armes verwandt werden muß, ist ja dadurch schon mit in Anschlag gebracht, daß $'m + {}''m$ auch diese Massen mit in sich fassen soll.

§. 178.

Allerdings ist $\mathfrak{Z}$ der Cosinuirung unterworfen, und daher nur $= \mathfrak{E}.\mathfrak{Z}$. Da indessen unter der Voraussetzung, daß der Schwerpunct im rechten Arme nicht viel von

der Horizontallinie durch C im mitleren Stande des Armes entfernt seyn möge, ebenfalls auch (g + h). Wγ gleichmäßig cosinuirt wird; für Ʒ und Z aber ausgemacht einerley Cosinuirung immerfort statt findet; und hier nicht von bewegenden Kräften, sondern vom statischen Gleichgewichthalten die Rede ist; so hatten wir nicht nöthig den gemeinschaftlichen Factor E mit aufzuführen.

§. 179.

Hat man eine schon vorhandene Maschine zu berechnen; so wird man nun sehen, ob die Rechnung zutrifft, und das resultirende Ʒ der Maschine wirklich die Gegengröße des Z am Kunstgezeuge ausmacht!

Soll die ganze Maschine für ein, an Menge und Gefälle gegebnes Aufschlagewasser erst noch entworfen werden; so muß man ebenfalls aus einem schicklichen Entwurfe der Säulenmaschine ihr Ʒ berechnen, und dem gemäß das Kunstgezeug entwerfen; wobey man aus dem Z = — Ʒ seine Wirkung in Hebung der Grubenwasser zu bestimmen hat.

Für diesen zweyten Fall wird in einem der letzten Kapitel ein Beyspiel durchgeführt werden; und zwar so, daß daraus zugleich erhellet, wie meiner Einsicht nach die Ungarischen Maschinen müßten berechnet werden. Denn seit wir uns hier auf die nähere Betrachtung der Hauptschwinge eingelassen haben, sind unsere bisherigen Formeln freylich auf die Sächsischen Maschinen eingeschränkt.

Der erste Fall wird im nächsten Kapitel behandelt; wo ich eine von den Sächsischen Maschinen berechnen, und zum besten der Anfänger, die Rechnungen, besonders die ersten, etwas umständlich aufführen werde.

§. 180.

§. 180.

Dabey werde ich auch zu zeigen suchen, wie man ein gewählтes n für $\frac{nn}{2n-2} = n$ mit der Wirklichkeit zu vergleichen, die Mittelgrößen der h mit gehöriger Genauigkeit zu bestimmen, und dann auch die x zu beurtheilen hat.

In den obigen allgemeinen Formeln konnte nur der Hauptgang in der Anlage des Calculs dargestellt werden. Während ihrer Anwendung auf eine einzelne Maschine wird man immerfort Aufmerksamkeit und Urtheil nöthig haben, um das Instrument des Calculs, der nach und nach sich ergebenden Eigenthümlichkeit der Maschine gemäß nach und nach anzulegen.

Die Ausführung des folgenden Kapitels wird durch den Umstand erschwert, daß die Maschine für solche ziemlich genaue dynamische Berechnung nicht gehörig abgemessen war, und jetzt nicht mehr vorhanden ist! Indessen hat dieser Mangel an Datis das Gute, daß man desto mehr Ueberlegungen anstellen muß, wie weit die ungewissen Theile Einfluß auf das Ganze haben konnten. Dergleichen dynamische Uebungen können für angehende Maschinisten sehr nützlich werden. Ich hoffe auch für ziemlich viele verständlich zu bleiben, da ich für diesmahl allenthalben nur die Gesetze constanter Kräfte benutzt habe. Von diesen aber muß ich bey meinen Lesern voraussetzen, daß sie ihnen völlig bekannt sind.

Zwölftes Kapitel.

Anwendung der Formeln zur Berechnung einer wirklich erbauten Säulenmaschine.

§. 181.

Unter den oben erwähnten Ungarischen Maschinen ist meines Wissens keine einzige für solche Berechnung hinreichend und zweckmäßig beschrieben. Auch unter denen, die in Sachsen in Gebrauch gewesen sind, ist freylich keine ganz so genau bekannt geblieben, als es für diese Absicht eigentlich zu wünschen wäre. Indessen scheinen mir die Abmessungen und Beobachtungen, welche ich darüber vorfinde, bey der einen einstiefligen, die sich auf der drey Weiber Fundgrube bey Marienberg befand, nach einigen Correcturen, die sich mit gehöriger Sicherheit anbringen ließen, ziemlich richtig und zusammentreffend zu seyn. Auf diese wollen wir daher unsre Rechnung anlegen. Unter den drey bey Marienberg von Mende erbauten, war sie meines Erachtens bey weiten die beste. (Theils aus diesem Grunde, theils auch, weil mir die Nachrichten von der Wirkung der andern einstieflichen weniger richtig scheinen, ließ ich es bey Berechnung jener ersten sein Bewenden haben; obgleich diejenige, die jetzt noch, um nöthigen Falls in Wirkung gesetzt zu werden, in jener Grube aufbewahrt wird, gerade die andere ist, welche sonst auf Vater Abraham stand).

§. 182.

§. 182.

a, L — Bey ihr war die saigere Höhe a im Fallwerk, $= 133\frac{1}{3} = 133{,}3$ Leipziger Fuß, und des Kolbenhubes ganze Höhe $L = 3{,}5$ Fuß.

b, Fig. 1. — Ein b. Wy, ein Druck, wodurch das Gegengewicht eines Balancier (nach Fig. 2,) dem steigenden Treibkolben zu Hülfe käme, war bey ihr nicht vorhanden, da vielmehr nach Fig. 1, der steigende Kolben vermittelst seiner Stoßstange PQ, die in Q durch Wellzapfen in der Hauptschwinge eingeachst war, eine beträchtliche Gewichtslade U hob, durch deren Niedersinken erst das Schachtgestänge TR für die Kunstsätze angehoben wurde.

Berechnung des c

§. 183.

Diese Höhe des Kraftaufwandes, der für die örtlichen Geschwindigkeitsvermehrungen in den Verengerungen des Röhrensystemes erfordert wird, braucht nur nach den mittleren Geschwindigkeiten des bewegten Wassers berechnet zu werden (§. 159,).

Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im Treibcylinder während der Kolbensteigung heiße nun $\mathfrak{C}$, und C die ihr zugehörige Fallhöhe $= \frac{\mathfrak{C}\mathfrak{C}}{4g}$; so ist nur

$\mathfrak{C}$ $$\mathfrak{C} = \frac{L}{\tau} = \frac{3{,}5}{22} = 0{,}15909 \text{ Fuß,}$$

τ da der Kolben um seine Hubhöhe zu durchsteigen, der beträchtlichen Zeit von 22 Secunden bedurfte.

Nun

Nun ist log 0,15909 = 0,2016429 — 1

Also log ℂℂ = 0,4032858 — 2 und
— log 4g = — log 69,5 = — 1,8419848 (§. 61.)

Also log C = 0,5613010 — 4
Folglich C = 0,000364. C

§. 184.

Wenn wir nun den Wasserlauf vom Sammelkasten an verfolgen, so kommt die erste örtliche Geschwindigkeitsvermehrung vor, wo die Fallröhre sich einmündet.

Die hier verbrauchte Druckhöhe heiße = 'σ, und 'ℂ die Geschwindigkeit in der Fallröhre Querschnitte 'ℂ 'W; so ist $'\sigma = \frac{'\mathbb{C}.'\mathbb{C}}{\beta\beta.4g} = \frac{'C}{\beta\beta}$, und β der Contraction gemäß zu wählen. Die Einmündung war cylindrisch, daher man geneigt seyn wird, β = 0,81 zu setzen. Aber nach dem Risse zu urtheilen, war die Einmündung in dem Sammelkasten, um die Unreinigkeiten des Zuflusses neben sich lagern zu lassen, so hoch hinaufgeführt, daß sie nur wenig Wasser über sich hatte, welches daher einen gar zu kurzen Strudel, mit starker Convergenz annehmen mußte. Nehmen wir noch dazu, daß sie eine, vom Ritter de Borda so genannte isolirte Mündung ausmachte, die nach seinen Versuchen einen großen Contractionsverlust hat; so können wir immerhin β = 0,62 ansetzen.

Uebrigens ist $'C = \frac{W^2}{'W^2} \cdot C$, und $\frac{W^2}{'W^2} = \left(\frac{13,861}{3,166}\right)^4$,

da des W Durchmesser = 13 Zoll $10\frac{1}{3}$ Strich W = 13,861 Zoll, und des 'W Durchmesser = 3 Zoll 'W 2 Strich = 3,1666 Zoll war.

Daher

Daher $\log \frac{W^2}{'W^2} = 2{,}5651348$

und $\log C = 0{,}5613010 - 4$ (§. 183.)

Also $\log {}'C = 3{,}1264358 - 4$

und $-\log 0{,}62^2 = -1{,}5847834 + 2$

Also $\log {}'\alpha = 0{,}5416524 - 1$

Folglich ${}'\alpha = 0{,}348$ Fuß.

§. 185.

In der ganzen Fallröhre konnte das Wasser, da sie durchaus von gleicher Weite war, in dieser Hinsicht ohne alle Verengerung niedersinken. Die Geschwindigkeit in der Fallröhre war auch, wie wir schon gefunden haben, wegen der äußerst langsamen Kolbensteigung, so geringe, daß aus der gleichen Weite der Fallröhre für diese Maschine keine Fallverengerung entstehen konnte, sondern der Atmosphärendruck über dem Sammelkasten, völlig hinreichend war, um die ganze Fallröhre durchaus voll Wasser zu erhalten.

Unter der Fallröhre im Grundwerke, mußte der Strom in zwey horizontalen Verbindungsröhren sich zertheilen, welche da wo sie zum Steuerungsrohre hin wiederum aufwärts leiten, eine kreisförmige Verengerung haben, im Durchmesser $= 2\frac{1}{4} = \frac{9}{4}$ Zoll. Nun ist $2.(\frac{9}{4})^2 = 10{,}1$, und das Quadrat vom Durchmesser 3,166 der Einfallsröhre, auch ungefähr $= 10$; daß also örtliche Geschwindigkeitsänderung hier eben nicht vorgefallen seyn würde, wenn auch die horizontalen Theile der Verbindungsröhren dieser Absicht gemäß wären eingerichtet gewesen. Sie waren aber in dieser Hinsicht mehr als doppelt zu weit; daher sogleich über die Hälfte der schon erworbenen Geschwindigkeit, in den vorderen Verbindungsröhren verloren gieng.

gieng. Beym Eintritte in das Steuerungsrohr, und auch längst demselben, mußte wegen der engen und winkligen Wasserleitung, ein Theil dieser verlornen Geschwindigkeit wiederum erzeugt werden, der in den hintern Verbindungsröhren abermals verloren gieng. Beym Austreten aus den hintern Verbindungsröhren aber mußte die Geschwindigkeit gerade eben so groß wieder werden, als sie schon in der Fallröhre es gewesen war. —

Für einen so oft veränderten und künstlichen Wasserlauf, läßt sich der erforderliche Kraftaufwand nicht genau schätzen. Wenn wir indessen ungefähr ihn überschlagen, auch darauf Rücksicht nehmen, daß nirgends ein vortheilhafter Strudel sich bilden konnte; so finden wir uns berechtigt, etwa $''\sigma = 0{,}66$ Fuß zu setzen, indem $''\sigma$ einen zweyten Theil des σ bedeutet, der wegen der sämmtlichen übrigen Geschwindigkeitsänderungen von der Fallröhre an bis zum Kolben hin, erfordert wird. Demnach haben wir $\sigma = {}'\sigma + {}''\sigma = 0{,}348 + 0{,}66\ \sigma = 1{,}04$ Fuß.

Berechnung der Druckhöhe f,

welche zur Besiegung der Friction zwischen Wasserleitung und Röhrwand verbraucht wird.

§. 186.

Der ganzen Fallröhre Länge $'L$ war $= 142$ Fuß, $'L$ und ihr Durchmesser $'D = \frac{3{,}166}{12}$ Fuß, also $'D$

$$\frac{'L}{'D} = \frac{142.12}{3{,}166} = \frac{1704}{3{,}166}$$

Die Geschwindigkeit in ihren Querschnitten ist der Fallhöhe $'C$ (§. 184,) zugehörig; und wenn $'f =$ die

Wider-

Widerstandshöhe ihrer Friction heißt; so hat man

$$'f = 0{,}03 \frac{'L}{'D} \cdot 'C \text{ (§. 74,)}$$

Nun ist $\log \frac{'L}{'D} = 2{,}7308764$

$\log 'C = 3{,}1264358 - 4$ (§. 184,)

$\log 0{,}03 = \underline{0{,}4771213 - 2}$

$\log 'f = 0{,}3344335$

'f Also $'f = 2{,}16$ Fuß, für den Frictionswiderstand in der Fallröhre.

§. 187.

Jede von den beyden vordern Verbindungsröhren bis zu A hin, ist etwan 4,5 Fuß lang, und jede von den beyden hintern, deren Niedergang im Steuerungsrohre dazu gerechnet, etwa 5,5 Fuß: daher man, ihre
"L gesammte Länge "L genannt, etwa $"L = 2.10 = 20$ Fuß setzen kann.

"D Ihr abgeglichener Durchmesser "D mag für 3 Zoll
"C $= \frac{1}{4}$ Fuß gelten, und "C, die Höhe der Geschwindigkeit in ihr, in runder Zahl bis auf $\frac{1}{3}$ 'C herab zu setzen seyn; so ist

$$"f = 0{,}03 \frac{"L}{"D} "C = 0{,}03.80.\tfrac{1}{3}'C = 0{,}8.'C,$$

welches $"f = 0{,}11$ giebt.

§. 188.

Hieraus erhellet schon, daß die Friction im Treibcylinder und im Sammelkasten noch viel weniger einer Beachtung werth ist, und wir überhaupt nur

f $f = 'f + "f = 2{,}3$ Fuß erhalten.

Berechnung der Druckhöhe k,
die auf den Widerstand der Krümmungen und Biegungen zu verwenden ist.

§. 189.

I) Die Neigung der Fallröhre ändert sich nur zweymahl, und jedesmahl um etwa 8 Grad, daher jeder Anprallungswinkel nur etwa 4 Grad beträgt. Mögen immerhin die Röhren unter Winkeln, nicht unter einschleichenden Krümmungen auf einander gesetzt seyn. Bey so geringen Winkeln können wir dennoch die gewöhnliche Formel gebrauchen; ob sie gleich eigentlich nur für Krümmungen, nicht für winkliche Biegungen gefunden ist.

Nach ihr ist nun, die hier verbrauchte Krafthöhe 'k genannt,

$$'k = 0{,}242.\ ''C.\ 2.\ \sin^2 4°$$

das ist $'k = 0{,}242.\ 0{,}0097.\ ''C$, für den Biegungswiderstand in der Fallröhre.

§. 190.

Aus der Fallröhre aber wird um 90 Grad, und ziemlich scharf der Strom in die anfangs horizontalen Verbindungsröhren hineingebogen; in ihnen dann wiederum scharf durch 90 Grad ins Verticale, um durch verticale Quadranten bis zum Steuerungsrohr hin aufwärts zu steigen, wo es dann wiederum horizontal durch die A, A ins Steuerungsrohr eingemündet wird. Fig 4.

Gleich nach dieser Einmündung muß er mit scharfer rechtwinkliger Biegung lothrecht niedergehen, und sich, wiederum durch eine sehr kurze rechtwinklige Umleitung in den horizontalen Anfang der Ausmündungen B, B, richten; geht dann in den hintern Verbin-

dungsröhren durch sehr kurze Quadranten nieder, so daß er am Ende derselben wiederum lothrecht gerichtet läuft, und durch 90° sich scharf in den horizontalen Theil der Verbindungsröhren biegen muß. Von da muß er sich wiederum durch rechtwinklige Biegung ins Verticale richten, um so in den Treibcylinder zu treten!

§. 191.

In diesem sehr künstlichen Laufe kommen also

II) für jede von den beyden Hälften des zertheilten Stromes, zwey Quadranten vor. Für die längsten in den vordern Verbindungsröhren könnte man etwa zwey Anprallungswinkel annehmen. Aber die kürzeren in den hintern Verbindungsröhren gewähren nur einen, und scheinen überdies einer winklichen Kniebiegung nahe zu kommen. Um indessen die Rechnung nicht zu zerstückeln, wollen wir beyde Arten als Quadranten mit einer Anprallung behandeln; so ist der Anprallungswinkel = 45 Grad. Für beyderley Quadranten zusammengenommen die Widerstandshöhe "k genannt, wäre daher nach der gewöhnlichen Formel

$$"k = 0{,}242 . 2 \sin^2 45° . "C = 0{,}242 . 1 . "C.$$

Nach §. 87, aber haben wir das dreyfache zu nehmen, also

$$"k = 0{,}242 . 3 . "C \text{ anzusetzen.}$$

Von jedem Theile des Stromes werden zwey solche Quadranten durchlaufen, aber deshalb braucht nicht etwa "k noch verdoppelt zu werden. Denn es wird ja unter "k eine Widerstandshöhe verstanden, die einen Theil von der Wasserhöhe in der Fallröhre ausmacht, welche in beyde Verbindungsröhren sich ausmündet.

Eben

Eben diese Bemerkung gilt auch für das folgende $'''k$, indem dieses die Widerstandshöhe bedeuten soll, welche für die sechsmahlige ziemlich scharfe Biegung in jeder Stromhälfte erfordert wird. Nach derjenigen Formel, die wir (§. 88,) für solche rechtwinkliche Biegung aus **Venturi's** Versuche abgeleitet haben, müssen wir nun

$$'''k = 6.\ 1{,}86.\ ''C = 11{,}16.\ ''C \text{ setzen.}$$

§. 192.

Hiemit haben wir

$$'k = 0{,}242.\ 0{,}0097.\ ''C = 0{,}002.\ ''C$$
$$''k = 0{,}242.\quad 3.\quad ''C = 0{,}726.\ ''C$$
$$'''k = 1{,}86.\quad 6.\quad ''C = 11{,}16.\ ''C$$

also $k = 11{,}888.\ ''C$;

und da $''C = \frac{1}{3}\ 'C$ zu setzen ist (§. 187), so würden wir

$k = 3{,}93$ Fuß erhalten.

Indessen ist es wahrscheinlich, daß in **Venturi's** Röhren die Kanten ihrer Biegung scharf, in der Maschine aber etwas abgerundet waren; daher wir immerhin etwas abrunden, und nur

$k = 3{,}5$ Fuß ansetzen wollen.

§. 193.

Hiezu $f = 2{,}3$ Fuß, und $\sigma = 1{,}04$ Fuß addirt, würde uns nun

$$\sigma + f + k = 6{,}34 \text{ Fuß geben:}$$

wenn nicht noch der Umstand in Betrachtung zu ziehen wäre, daß bey Beobachtung der Maschine etwa ein Siebentel bis ein Sechstel ihres Aufschlagewassers

hauptsächlich neben dem Treibkolben entwischte, dessen Liederung gerade sehr abgenutzt war. Von dem hier berechneten Aufschlagewasser würde das wenigstens ein Sechstel ausgemacht haben, also die wirkliche Geschwindigkeit im Fall- und Grundwerke um $\frac{1}{6}$ größer als die hier berechnete gewesen seyn. Da nun σ und f und k dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional wachsen, so haben wir

$$\sigma + f + k = \tfrac{4}{3}\tfrac{9}{6} \cdot 6{,}34 = 8{,}63 \text{ Fuß anzusetzen.}$$

Berechnung der Größe $L\,\frac{1+a}{g\tau\tau}$

$$= \frac{L}{g\tau\tau} \cdot (L + \frac{W}{\cdot W} \cdot L + \frac{W}{'W}\,'L + \text{ꝛc.} + a).$$

§. 194.

L Da die Hubhöhe L = 3,5 Fuß, die Zeit der Kol-
τ bensteigung τ = 22 Secunden, und g = 17,377 Leipziger Fuß ist; so erhält man

$$\frac{L}{g\tau\tau} = 0{,}000416.$$

Bey der Kleinheit dieses Factors ist es nicht der Mühe werth, auch das $\frac{W}{\cdot W} \cdot L$ für den Sammelkasten noch zu erfragen.

'L 'L bedeutet die Länge der Einfallsröhre = 141,08
'W Fuß. Ihr kreisförmiger Querschnitt 'W hatte zum Durchmesser = 3,166 Zoll,

$$\text{also ist } \frac{W}{'W}\,'L = \left(\frac{13{,}861}{3{,}166}\right)^2 \cdot 141{,}08.$$

Für

Für das Wasser in den Verbindungsröhren wird noch ein Glied $\frac{W}{\sqrt{W}}$ L aufzuführen seyn, und nach §. 185, sich ergeben, daß es für $= \frac{W}{2\sqrt{W}} \cdot 10 =$ $\left(\frac{13,861}{3,166}\right)^2 \cdot 5$ gelten kann.

Für das Stiefelwasser ist das Vorderglied $L = 3,5$ (§. 182,) angesetzt, daher nun

$$l = 3,5 + \left(\frac{13,861}{3,166}\right)^2 \cdot 146,08 = 2804 \text{ Fuß.}$$

Man sieht hiemit die obige Behauptung (§. 153,) bestätigt, daß s, auch in seinem höchsten Werthe $= L = 3,5$ Fuß, für den hiesigen Behuf, im Nenner der ersten dynamischen Gleichung (§. 156,) eine sehr unbeträchtliche Größe ausmacht, und ohne Bedenken auch gänzlich könnte weggelassen werden.

Aber wegen der Wasserentwischung §. 193, muß hier $\frac{7}{6}$ W statt W angerechnet werden, wodurch wir erhalten

$$l = \frac{7}{6} \cdot 2804 = 3271 \text{ Fuß.}$$

§. 195.

Die Größe a hängt von dem Trägheitsmomente der gesammten Masse ab, die von dem steigenden Treibkolben vermittelst seiner Stoßstange in Bewegung zu setzen ist. Diese Masse besteht

1) in dem Kolben und der Stoßstange selbst,

2) in der Hauptschwinge nebst ihrer beträchtlichen Gewichtslade U,

3) in dem Steuerungsgeschirr

4) in

4) in der niedergehenden Kunststange sammt den fünf ihr angehängten Zugstangen mit ihren Kolben für die Kunstsätze, und

5) in dem Wasser, welches bey dem höchsten Stande der Kunstkolben unter ihnen die Kolbenröhren ausfüllt, in so fern dieses Wasser beym Niederschieben der Kolben, durch ihre Lochungen sich bewegen muß.

Weiter unten werden wir finden, daß die 4 ersten Theile zusammen etwa 200 Fuß betragen. Indem ich diese Zahl von dort hieher nehme, so wird in Absicht der Gewichtslade ein Cirkel im Schließen begangen. Aber man wird am Ende sehen, daß er nur mit vieler Mühe zu vermeiden wäre, und dagegen von keinen irgend beträchtlichen Folgen seyn kann; weil etwas mehr oder weniger Gewicht in U angenommen, für a nur eine Veränderung verursacht, die neben dem viel größeren l nichts verschlagen kann.

Aus eben dem Grunde ist es auch der Mühe nicht werth, den unbeträchtlichen letzten Theil des a genau zu berechnen. Ohne alles Bedenken können wir hier abrunden und

$$l + a = 3271 + 200 = 3500 \text{ Fuß ansetzen.}$$

$$\text{Daher nun x.} \frac{n}{\mathfrak{E}} \cdot \frac{L}{g\tau\tau} \cdot (l + a) = x. \frac{n}{\mathfrak{E}} \cdot 0{,}000416.$$

$$3500 = x. \frac{n}{\mathfrak{E}} \cdot 1{,}45 \text{ Fuß.}$$

§. 196.

Jetzt ist es Zeit zu überlegen, welchen constanten Beschleunigungszustand wir annehmen können oder müssen, um der Wirklichkeit so nahe zu bleiben, daß in der Abgleichung zwischen Kraft und Last keine beträcht-

trächtliche Unrichtigkeit entstehen kann. Ist die Maschine nicht bekannt genug, um die constante Abgleichung von vorne her mit Sicherheit treffen zu können; so wird man nach einer ungefähren Ueberschauung der Hauptstücke die erforderlichen Hypothesen des Calculs wählen müssen. Man wähle so, daß man sicher ist, immerfort in der Ueberschauung des Calculs zu bleiben; und ihn mit Leichtigkeit auf die etwa übrig bleibenden verschiedenen Möglichkeiten hinwenden zu können.

§. 197.

Nehmen wir 1) an, die Beschleunigung dauere $= \frac{\tau}{2}$; so wird eben dadurch unser $n = 2$ gesetzt n (§. 164), wodurch auch $n = \frac{nn}{2n-2} = 2$ wird. n (§. 165,).

Nehmen wir dabey 2) auch an, daß während dieser ersten Hälfte des Kolbenhubes gerade die Hälfte seiner Länge, also $= \frac{1}{2}$ L durchlaufen werde; so würde die dafür gehörige mittlere Größe des $\mathfrak{E}$ eigentlich $= 0{,}96 + \frac{1}{4}(1 - 0{,}96)$ seyn. Da indessen die ganze Größe, deren Divisor $\mathfrak{E}$ in §. 195 ausmacht, nur unbeträchtlich ist; so können wir immerhin geradezu $\mathfrak{E} = 0{,}96$ setzen. $\mathfrak{E}$

$$\text{Daher nun x. } \frac{n}{\mathfrak{E}} \cdot \frac{L}{g\tau\tau}(1+a) = \text{x. } \frac{2}{0{,}96} \cdot 1{,}45$$

$$= \text{x. } 3 \text{ Fuß},$$

als die Höhe der Kraft, welche während der ersten Hälfte des Kolbenhubes auf die Beschleunigung des ganzen Systemes nach unsern beyden Annahmen verwandt werden müßte.

§. 198.

Welche mittlere Größe der h in der Gleichung §. 166, nun hieher gehöre? Es ist der Mühe werth, dieses etwas genau zu bestimmen. Selbst bey der vorgenommenen Maschine, deren Kolbenhub nur $L = 3{,}5$ Fuß hoch war, hängt ein ziemlicher Ausschlag der Wirkung von dieser mittleren Größe ab. Bey Verbesserung der Maschine wird der Kolbenhub etwas höher ausfallen müssen; daher die wachsenden, und bey niedergehenden Treibkolben die abnehmenden h, einen noch beträchtlichern Einfluß auf den Gang der Maschine erhalten.

§. 199.

Aus den hier gewählten Annahmen 1) und 2) folgt, daß die Höhe h

während des ersten $\frac{\tau}{4}$ von $h' = o$ bis auf $h'' = \frac{1}{8} L$,

und während des zweyten $\frac{\tau}{4}$ von $h'' = \frac{1}{8} L$ bis auf $h''' = \frac{4}{8} L$

anwächst.

Also wird ihre mittlere Größe

1) während des ersten $\frac{1}{4}\tau$ beynahe $= \frac{1}{16} L$,

2) und während des zweyten $\frac{1}{4}\tau$ beynahe $= \frac{5}{16} L$

seyn;

3) während $\frac{\tau}{2}$ also die mittlere Größe beynahe $= \frac{1}{2}(\frac{1}{16} + \frac{5}{16}) L = \frac{3}{16} L$.

Nur beynahe: denn durch die beyden ersten Abgleichungen für die beyden $\frac{1}{4}\tau$, muß eigentlich etwas mehr als die wahre mittlere Größe sich ergeben; weil ja diese auch von der verschiedenen Zeitdauer für gleiche Zunahmen in der wachsenden Reihe der h mit abhängt,

und

und diese Zeitdauer wegen der beschleunigten Bewegung immerfort geringer wird.

§. 200.

Beym Anheben der Kunstsätze werden ähnliche mittlere Größen für die abnehmende Wasserhöhen in den ausgießenden Kolbenröhren aufzuführen seyn. Wenn man auch dabey auf die eben erwähnte Dimension der Zeitdauer nicht achtet, sondern nur geradezu die halbe oder auch sogar die ganze Hubhöhe statt der mittleren Grösse für den ganzen Kolbenhub gebraucht; so wird die dadurch berechnete Kraft oder Wirkung von der wirklichen sehr verschieden ausfallen können, und bey einigen unerklärt bleiben, warum sie mehr Kraft, noch öfter aber bey andern, warum sie weniger Kraft verbrauchen, als die Rechnung verlangt! Durch eine genauere Zerlegung jener Größen für die verschiedenen Gegenden des Kolbenhubes wird dagegen nicht nur die Rechnung genauer werden; sondern man wird dadurch bisweilen auch die Wirkung der Maschine zu verbessern, oder doch ihre Verschlimmerung zu vermeiden wissen. Man muß nähmlich dahin sehen, daß die größern Höhen der Hubsäulen, welche während Durchlaufung der ersten Halbhöhe des Hubes statt finden, eine kürzere Zeit lasten, als die weniger hohen Hubsäulen, während die Kolben durch ihre zweyte Halbhöhe steigen. Selbst bey einem Radgezeuge mit Krummzapfen dürfte sich etwas dafür thun lassen. Noch mehr aber wird man, wenn das Kunstgezeug von einer Säulenmaschine betrieben wird, die dafür gehörige Modificirung seines Ganges in seiner Gewalt haben. Daher schien es mir um so nützlicher, die mittleren Grössen der h auch schon für den Treibcylinder, so weit es unsere hiesigen Annahmen erfordern, etwas genauer abzugleichen als es sonst gewöhnlich ist.

§. 201.

§. 201.

Ganz genau können für unsere beyden Annahmen 1) und 2), denen wir bald noch eine dritte hinzufügen werden, die mittlern Größen der h durch ein Paar leichte Integrierungen gefunden werden: und eben diese Bestimmungen werden nachher auch für die mittlern Größen der Lasterleichterung im Kunstgezeug dienen können.

Die wahre mittlere Größe der h während der ersten Hälfte der Kolbensteigung im Treibcylinder heisse $= {}^{\cdot}h$;

so ist ${}^{\cdot}h$ $\frac{\tau}{2}$ vermittelst einer Function zu finden, die wir T nennen wollen, weil es am bequemsten ist, für ihre absolut veränderliche Grundgrösse die Zeit t anzunehmen, indem t einen unbestimmten Theil der Beschleunigungszeit bedeutet, wie oben §. 163.

Folglich muß der Function T Differentialquotient $\frac{dT}{dt} = h$ seyn.

Nun ist $h = btt$, wenn b das Beschleunigungsmaaß der Bewegung bedeutet. Also ist $dT = bttdt$, und daher $T = \frac{1}{3} bttt$ das vollständige Integral.

Also $h = \frac{1}{3} btt$, und für $t = \frac{\tau}{2}$, nach unseren Annahmen 1) und 2) auch $btt = \frac{1}{2} L$.

Also ${}^{\cdot}h = \frac{1}{6} L$

(welches nun allerdings ein wenig kleiner ist, als unsere in §. 199, für das erste $\frac{\tau}{2}$ gefundne Mittelgröße $\frac{3}{16} L$.)

§. 202.

Nehmen wir ferner 3) an, daß in der zweyten Halbzeit des Kolbenhubes die Maschine eben so verzögert werde, als sie in der ersten Halbzeit beschleunigt wurde; und fragen nun nach der mittlern Größe der h, welche für diese Zeit gehören: so ist ein constanter Theil in ihnen $= \frac{1}{2}$ L schon vorhanden. Von ihrem noch wachsenden Theile sey die mittlere Größe $= ''h$; so muß wiederum $''h \frac{\tau}{2}$ denjenigen Werth der hieher gehörigen Function T ausmachen, welchen sie für ihr $t = \frac{\tau}{2}$ erhält; wenn wir jetzt

$$dT = -bttdt$$ setzen,

und t für eine unbestimmte Zeit nehmen, die am Ende des ersten $\frac{1}{2}\tau$ ihren Anfang hat.

Die Integrierung giebt $T = -\frac{1}{3}bttt +$ Const,

und für $t = o$ ist Const $= \frac{1}{2}$ L. $\frac{\tau}{2}$, also überhaupt

$$T = -\frac{1}{3}bttt + \frac{1}{2}\text{L}.\frac{\tau}{2}$$

Für $t = \frac{\tau}{2}$ ist nun nach Voraussetzung 3) auch

$-btt = -\frac{1}{2}$ L; also haben wir

$$''h\frac{\tau}{2} = -\frac{1}{3}.\frac{1}{2}\text{L}.\frac{\tau}{2} + \frac{1}{2}\text{L}\frac{\tau}{2};$$

also $''h = (-\frac{1}{6} + \frac{1}{2}).$ L $= \frac{1}{3}$ L;

und demnach in der zweyten Hälfte des Kolbenhubes die mittlere Größe der h

$$= \frac{1}{2}\text{L} + ''h = (\frac{1}{2} + \frac{1}{3})\text{L} = \frac{5}{6}\text{L}.$$

§. 203.

§. 203.

Die erste mittlere Größe $\cdot h = \frac{1}{6} L$ gehört nun für die Zeit, in welcher die untere Hälfte des Kolbens mit constanter Beschleunigung durchlaufen wird; und die zweyte mittlere Größe $\frac{1}{2} L + \cdot\cdot h = \frac{5}{6} L$ gehört für die Zeit, in welcher die obere Hälfte des Kolbens mit constanter Verzögerung durchlaufen wird, und die verzögerte Bewegung bis auf $= o$ abnimmt.

Da überdies aus unsern Annahmen 1) 2) 3) folgt, daß diese beiden Zeiten gleich groß sind; so ergiebt sich für den ganzen Kolbenhub

der h mittlere Größe $= \frac{1}{2} (\frac{1}{6} + \frac{5}{6}) . L = \frac{1}{2} L$.

Wenn es bloß um diese Mittelgröße für den ganzen Kolbenhub uns zu thun gewesen wäre; so hätten wir sie füglich ohne Integralrechnung schon bestimmen können.

Aus ihrer hiesigen Zertheilung erhellet aber sehr deutlich, daß die mittlere Größe des Widerstandes, welchen die h für den ganzen Kolbenhub verursachen, um ein ziemliches größer als $\frac{1}{2} L$ seyn kann, Falls der Kolben in der untern Hälfte seines Hubes weniger als $\frac{1}{2} \tau$, in der obern Hälfte aber mehr als $\frac{1}{2} \tau$ zubrachte!

§. 204.

Gerade der wachsenden h wegen ist dieses von unserer Maschine zu vermuthen, und gar nicht wahrscheinlich, daß man die Gewichtslade absichtlich darnach eingerichtet habe, um dieses zu verhindern.

Uebrigens habe ich schon oben eine ziemlich allmählige Beschleunigung und Verzögerung bey ihr ver-

vermuthet (§. 152,). Alles ungefähr überschlagen, können wir für diese Maschine die Annahmen 1) 2) 3) als schicklich anerkennen, wenn wir hinzufügen, daß dadurch wahrscheinlich der Maschine etwa ein 50 ℔ Kraft mehr während ihres ganzen Kolbenhubes zugerechnet werde, als sie wirklich haben mochte in ihrem steigenden Treibkolben.

Bestimmung des x.

§. 205.

Das Aufsetzen der Maschinen pflegte Niende sorgfältig zu vermeiden: daher auch hier zu vermuthen ist, daß die Geschwindigkeit der Schwinge am Ende ihres Hubes ziemlich, oder auch gänzlich zu Ende war. Im letztern Falle mußte der Maschine während ihrer Verzögerung ganz so viel von der Beschleunigungskraft wieder zu Gute kommen, als es ihrer übrigen Einrichtung nach möglich war: aber eben deshalb wird dies Ganze nur eine sehr unbeträchtliche Größe ausmachen.

Der auf $1 W\gamma = 3266.$ $W\gamma$ verwandte Theil könnte durchaus nicht wieder gewonnen werden: denn die sämmtliche Geschwindigkeit des Wassers in dem Fall- und Grundwerke mußte bey seiner plötzlichen Hemmung im Steuerungsrohre durch einen todten Stoß sich verwirken. Von dem übrigen auf die gleichgültigen Massen $a W\gamma = 200$ $W\gamma$ verwandten Theile, wird auch wegen E noch etwas, nicht nur während der Beschleunigung sondern auch während der Verzögerung auf einen todten Druck gegen die Hauptaxe verwandt. Ueberdies aber ist das ganze a kaum der 34ste Theil von $1 + a$; daß also von der ganzen Beschleunigungskraft aufs höchste der 35ste Theil kann

wie-

wieder gewonnen werden, und daher aufs höchste $x = \frac{3}{3}\frac{4}{5}$ zu setzen ist; welches nun

$$x.n.\frac{L}{g\tau\tau}(1+a) = \frac{3}{3}\frac{4}{5}.3 = 2{,}9 \text{ Fuß giebt.}$$

§. 206.

Nunmehr haben wir für die rechte Seite der Gleichung (§. 166,)

$$l = a - h - (\sigma + f + k) - b - xnL.\frac{1+a}{\mathfrak{E}g\tau\tau},$$

deren b für unsre Maschine wegfällt, alle übrigen Glieder bestimmt, und erhalten dadurch daß

$$l = 133{,}3 - 1{,}75 - 8{,}63 - 2{,}9$$

$$= 133{,}3 - 13{,}28 = 120 \text{ Fuß,}$$

$$\text{also } lW\gamma = 120.W\gamma = 120.1{,}04.49 = 6115 \text{ ℔}$$

die mittlere Größe des Kraftdruckes sey, welchen der steigende Treibkolben der Lastung und dem Widerstande seiner selbst und seiner ganzen Maschinerie entgegen zu setzen habe; doch mit der Vermuthung, daß er in der Wirklichkeit wohl um ein 50 ℔ kleiner gewesen seyn möchte.

Die Parenthese giebt den Druck $lW\gamma$ nach Pfunden an, unter der Voraussetzung, daß ein Kubikfuß des Aufschlagewassers etwa 49 ℔ mag gewogen haben

W die Weite des Treibkolbens war eigentlich

$$= \frac{\pi}{4} \cdot 1{,}155^2 \text{ Quadratfuß, wenig über } 1{,}04 \text{ Quadratfuß.}$$

§. 207.

§. 207.

Wir kommen nun zur Gleichung §. 170,

$$(\mathfrak{E}).\ e\,\mathfrak{P} = \mathfrak{E}.\,(Bb + e\,(S' - N) - Rr) + e\,(l-f)\,W\gamma' - e\,F$$

um daraus $\mathfrak{P}$ zu berechnen.

Bestimmung der Kolbenfriction $fW\gamma'$.

§. 208.

Nach Herrn Baaders Formel wäre nur

$$fW\gamma' = 0{,}08.\,H.\,12\,D = 0{,}96\,HD\,\text{Hb},$$

worin wir nun $D = 1{,}155$ und $H = 120$ zu setzen hätten. (§. 206.)

Da aber Stiefel und Kolben nicht so gut wie die englischen waren, auch die Stoßstange, indem sie vom Kolben getrieben wurde, wenigstens um einen Grad von der verticalen Lage hin und her abwich, und dieses auf den Kolben eben die üble Wirkung haben muß, als ob er nicht völlig parallel der Axe gezogen wird; so dürften wir für den scharf schließenden Kolben die Friction immerhin $2\frac{1}{2}$ mal so groß anzusetzen haben, wodurch sie überdies erst das Mittel zwischen den beyden Formeln in §. 102 und §. 103 erreichen würde. Dieses gäbe nun

$$f = 0{,}2\,\frac{H.\,12\,D}{W\gamma'} = 2{,}4.\,\frac{4.H}{\pi D\gamma'} = 9{,}6.\,\frac{120}{\pi.\,1{,}155.49},$$

etwa 6,4 Fuß.

Da indessen zur Beobachtungszeit der Kolben viel Wasser entwischen ließ, und daher sehr locker gehen mußte; so wollen wir nur $f = 4$ Fuß anrechnen:

also $l - f = 120 - 4 = 116$ Fuß

und $(l-f).\,W\gamma' = 116.\frac{\pi}{4} \cdot 1{,}155^2 . 49 = 5955$ ℔.

Berechnung des $S' - N$

§. 209.

S' S' bedeutet das Gewicht S der Kunststange mit den
S ihr angetragenen fünf Zugstangen und ihren Kolben weniger dem, was von dem Gewichte der letzteren beyden, indem sie niederschieben, hydrostatisch getragen wird.

Die Kunststange mag etwa 150 Fuß lang gewesen seyn, und 11 sogenannte Schlösser gehabt haben, wo sie jedesmahl 6 Fuß lang an einander verkämmt war. Also haben wir $150 + 66 = 216$ Fuß Länge an Holz, welches in der obern Gegend 4 Zoll breit und 5 Zoll stark war; in größerer Teufe vermuthlich sich etwas verjüngte. Der Kubikfuß von solchem feuchten Tannenholze pflegt 33 bis 40 ℔ zu wiegen. Es mag daher

die Kunststange an Holz gewogen haben	=	1030 ℔
an Eisen in den Schlössern, fast 11.20, etwa	=	200 =
die fünf Zugstangen nebst Kolben, etwa	=	500 =
die Welle in T, in welcher die Kunststange befestigt war, nebst dortigem Eisen	=	220 =
Also	S =	1950 ℔

S

Beym Niederschieben wird jeder Kolben nebst Zugstange etwa 50 ℔ hydrostatisch verloren haben; daher denn noch übrig blieb, etwa

S' $S' = S - 250 = 1700$ ℔.

§. 210.

N bedeutet den Widerstand, welcher den fünf Kolben bey ihrem Niederschieben entgegen drückt, und nach §. 142 haben wir gefunden N = 300 ℔. N

Also S′ — N = 1700 — 300 = 1400 ℔.

Dieses Druckes Entfernung von der Drehungsaxe in C heißt e, und kann seiner Cosinuierung ungeachtet als = 5 Fuß aufgeführt werden (man sehe unten §. 217.). Daher nun e

e (S′ — N) = 5. 1400 = 7000 Fuß ℔.

(Man wird diese kurze, für praktische Rechnungen bequeme Anführung der beyden Einheiten, nach welchen bey Zusammensetzung der Momente gemessen wurde, schon anderwärts von mir besprochen finden.)

Bestimmung des Rr.

§. 211.

Dieses R, der sämmtliche Widerstand, welchen das Steuerungsgeschirr verursacht, würde aus seinen vielen Theilen nur mit vieler Mühe zu finden seyn. Indessen weiß der Hr. Oberkunstmeister Baldauf, daß ein mäßiger Druck seiner Hand hinreichend war, die ganze Steuerung mehrere Mahle hinter einander zu bewerkstelligen. Entfernung und Geschwindigkeit womit er wirkte, in Anschlag gebracht, kann ich für r = e = 5 Fuß gewählt, ansetzen R r

R r = 20. e = 100 Fuß ℔.

Bestimmung des Bb.

§. 212.

Die beyden linken Arme der Hauptschwinge waren von C an 6 Fuß lang = b, und einen Quadratfuß

jeder im Querschnitt. Ihr Gewicht an Holz und Eisen, ohne das, was wir bereits zu S geschlagen haben,
B betrug etwa 350 ℔ = B; also ihr statisches Moment

$$Bb = 350 . 3 = 1050 \text{ Fuß ℔.}$$

Summierung.

§. 213.

Also $Bb - Rr = 1050 - 100 = 950$
und $e(S' - N) = 7000$
Folglich $Bb - Rr + e(S' - N) = 7950$ Fuß ℔.

Berechnung des e F.

§. 214.

Es ist $eF = e'F + e''F + e'''F$, wenn von dem
F gesammten Frictionsmomente eF, welches bey steigendem Treibkolben an den drey Zapfen der Hauptschwinge entsteht, der Theil $e'F$ auf die Friction am mittleren Zapfen in C, der Theil $e''F$ auf die Friction am linken Zapfen in T, und $e'''F$ auf die Friction am rechten Zapfen in Q zu rechnen ist.

'b Heissen nun 'b, ''b und '''b die Halbmesser dieser
''b Zapfen, und 'D, ''D und '''D die Gewichtsgrößen, von
'''b welchen die Zapfen gegen ihre Pfannen gedrückt wer-
'D den; auch φ der Frictionsexponent: so ist
''D $e'F = \varphi . 'b 'D$; $e''F = \varphi . ''b ''D$, und $e'''F = \varphi . '''b '''D$.
'''D

§. 215.

Es war nun B = 350 ℔ das Gewicht der linken Arme der Hauptschwinge; und $S' - N = 1400$ ℔ die Lastung, von welcher in T der linke Arm der Hauptschwinge auch noch niederwärts gedrückt wurde.

Fer-

Ferner war A = 440 ℔, wenn A das Gewicht A der mittlern Welle in C, sammt einem daran befestigten Kreuzarme bedeutet.

Sey nun noch = 'e die Entfernung zwischen C und 'e derjenigen Verticallinie, welche durch den Schwerpunct der gesammten Masse am rechten Arme der Hauptschwinge gehen würde; so war ungefähr

$$'D = B + S' - N + A + \frac{Bb - Rr + e(S' - N)}{'e}.$$

Da nun nach einer noch vorhandenen Zeichnung der Maschine zu urtheilen, etwa 'e = 7 Fuß zu setzen seyn mag; so haben wir ungefähr

$$'D = 350 + 1400 + 440 + \frac{7950}{7} = 3325 \text{ ℔}.$$

Da ferner 'b = 2 Zoll = $\frac{1}{6}$ Fuß war, und $\varphi = \frac{1}{8}$ etwa zu setzen ist, wo Eisen auf geschmiertes Eisen sich dreht; so haben wir

$$e\,'F = \tfrac{1}{8}.\ \tfrac{1}{6}.\ 3325 = 69 \text{ Fuß ℔}.$$

Für e "F = φ. "b "D, war "b = $\frac{3}{2}$ Zoll = $\frac{1}{8}$ Fuß, und "D = S' — N = 1400 ℔ also e "F = $\frac{1}{8}$. $\frac{1}{6}$. 1400 = 22 Fuß ℔.

Für e '''F = φ. '''b '''D war ebenfalls '''b = $\frac{1}{8}$ Fuß. Was '''D betrifft, so muß hier '''D = (l — f). W'γ, weniger dem Gewichte des Treibkolbens, seiner Stoßstange und Welle seyn, welches etwa 880 ℔ betragen mochte.

Also '''D = 5955 — 880 = 5075 ℔,

und e '''F = $\frac{1}{8}$. $\frac{1}{8}$. 5075 = 79 Fuß ℔.

Also nun e F = 69 + 22 + 79 = 170 Fuß ℔, das Frictionsmoment an den drey Zapfen.

§. 216.

Für die Gleichung in §. 204

$$e\,\mathfrak{P}.(\mathfrak{E}) = \mathfrak{E}\,(Bb + e(S' - N) - Rr) + e(l - f)\,W\,\gamma - e\,F,$$

haben wir nunmehr, da im Anfang des Kolbenhubes $\mathfrak{E} = \text{cof}\,16\frac{1}{2}° = 0,96$ zu setzen ist,

$$e\,\mathfrak{P}.(\mathfrak{E}) = 0,96.(1050 + 7000 - 100) + e.5955 - 170.$$

$$\text{Also } \mathfrak{P}.(\mathfrak{E}) = \frac{7462}{e} + 5955.l$$

§. 217.

e Unter e wird die Entfernung zwischen der Drehungsaxe C und der Richtung des Druckes verstanden, welchen der steigende Treibkolben vermittelst seiner Stoßstange gegen die Hauptschwinge in Q ausübt.

Fig. 1. Bey halber Drehung der Hauptschwinge mußte von Q ein Bogen von etwa $16\frac{1}{2}$ Grad beschrieben werden, dessen Halbmesser $CQ = 6\frac{1}{4}$ Fuß beynahe war. Da dessen Quersinus nur etwa $= 0,24$ Fuß beträgt, so brauchte der größte Anwachs und die äußerste Verkleinerung des e nur $= 0,12$ Fuß zu betragen. Hatte man, wie es zu vermuthen ist, dafür wirklich gesorgt; so war übrigens die Stoßstange PQ so lang, daß alsdann ihre Abweichung dies- und jenseits der Verticallinie nur einen Grad etwa betrug.

Da nun diese Veränderlichkeiten in der Lage der Stoßstange und der Größe des e, nur unbeträchtlich sind; so wollen wir ihrentwegen die Rechnung nicht erschweren, sondern uns die Stoßstange als immerfort vertical gerichtet vorstellen.

Aus ähnlichen Gründen können wir uns auch die Lage der Kunststange als immerfort vertical vorstellen, und ihre Entfernung e von der Drehungsaxe C auf die unveränderliche Größe e = 5 Fuß setzen. e

Dessen ungeachtet muß bey beyden eine ziemlich beträchtliche Cosinuierung eintreten, die sich aber deshalb hier beseitigen läßt, weil sie bey beyden eintritt.

Die Zeichnung der Maschine giebt genau e = 5 Fuß, und so ziemlich e = $6\frac{1}{4}$ Fuß, also das bequeme Verhältniß e : e = 4 : 5, dessen wir uns für alle Zwischenrechnungen bedienen werden, wo nicht viel darauf ankommt, das genauere Verhältniß zu treffen.

Aus dem beobachteten Kolbenhube, im Treibcylinder = 3,5 Fuß, in den Kunstsätzen = 2,84 Fuß, folgt nähmlich etwas genauer und zuverlässiger

daß 2,84 : 3,5 = e : e war

also e : e = 5 Fuß : 6,16 Fuß.

Bey Bestimmung der Hauptgrößen, werden wir dieses Werthes von e uns bedienen müssen. e

$$\text{Also } \mathfrak{P}(\mathfrak{E}) = \frac{7462}{6,16} + 5955 = (1211 + 5955)\ \mathfrak{P}$$

$$= 7166.$$

Vergleichung mit den Abmessungen der Maschine.

§. 218.

Ich habe oben (§. 171.) den Rath gegeben, die Größe des P auch aus den Abmessungen der Maschine zu bestimmen.

Fig. 1. U

Nach Angabe des Werkmeisters, der sie in Wartung gehabt hatte, soll die Gewichtslade U an 50 Centner = 5500 ℔ gehalten haben. Da ihr Schwerpunct um 7 Fuß von der Axe in C scheint entfernt gewesen zu seyn; so war dieses Gewichtes statisches Moment = 5500. 7 = 38500 Fuß ℔.

Die beyden rechten Arme der Hauptschwinge wogen nach seiner Schätzung 550 ℔, und waren 10 Fuß lang. Demnach war ihr statisches Moment = 550. 5 = 2750 Fuß ℔.

Diese beyden Momente 38500 + 2750 = 41250, mußten auf den Treibkolben der von C nur um $e = 6{,}16$ Fuß entfernt war, den Druck $\frac{41250}{6{,}16}$ = 6690 ℔ verursachen, wenn der rechte Arm der Hauptschwinge horizontal stand. In seinen äußersten Lagen aber war dieser Druck nur = 6690. cos $16\frac{1}{2}°$ = 6690. 0,96 = 6422 ℔.

Dazu kommt das Gewicht des Kolbens = 2 Ctr., seine Stoßstange = 2 Ctnr., ihrer Welle nebst Zapfen = 2 Ctnr., Platten, Schrauben und Pfadeisen in der Gegend der Wellzapfen 2 Ctnr.; zusammen = 8 Centner. = 880 ℔.

Bloß der Ordnung wegen wollen wir auch beachten, daß die letzteren 4 Centner cosinuiert werden, also der Zusatz nur 440 + 440. 0,96 = 863 ℔ beträgt; und daher aus den Angaben des Werkmeisters sich

P. (E) = 6422 + 863 = 7285 ℔ ergiebt.

§. 219.

Nach unsern obigen dynamischen Rechnungen fanden wir dagegen nur P (E) = 7166 ℔, und zwar

mit

mit der Vermuthung, daß dieses noch um etwa 50 ℔ zu groß seyn möchte. (§. 204.).

Die Angaben des Werkmeisters sind, wie man leicht sieht, nur nach ungefährer Schätzung in runden Zahlen abgefaßt. Indessen ist er nicht nur selbst ein zuverlässiger Mann, sondern er hatte sich auch über die von mir verlangten Angaben gehörigen Ortes besprochen. Also ist auf seine Angaben etwas zu halten, und wir haben im Ganzen genommen immerhin Ursache mit der bisherigen ziemlich großen Uebereinstimmung zwischen diesen Angaben und unserer Rechnung sehr zufrieden zu seyn: besonders da der anscheinende Kraftmangel mit andern Wahrscheinlichkeiten sehr gut übereinstimmt, wie wir am Ende des Kapitels zeigen werden.

§. 220.

Dieses mag uns zu neuer Geduld ermuntern, um die Rechnung ferner bis zur Wirkung am Kunstgezeuge hin durchzuführen!

Die Gewichtslade U wollen wir, wo sie nachher in Rechnung kommt, der Angabe des Werkmeisters gemäß auf = 550 ℔ ansetzen, weil nicht gerade sie nach unserer theoretischen Berechnung weniger zu wiegen braucht, und es der Mühe nicht werth ist, darüber Aenderungen zu wagen. Uebrigens aber wollen wir uns an das durch unsere Rechnung gefundene $(l-f).W\gamma' = 5955$ ℔ halten; für die U

fortgesetzte Berechnung.

§. 221.

Aus den Formeln in §. 216 ergiebt sich

$$eP = Bb + e(S'-N) - Rr + e(l-f).W\gamma' - eF$$
$$= 1050 + 7000 - 100 + e.5955 = 170,$$

$\mathfrak{P}$ also $\mathfrak{P} = \frac{778^{o}}{e} + 5955 = \frac{778^{o}}{6{,}16} + 5955 = 7218.$

In §. 172 ist nun $\mathfrak{P} = p\,W\,\gamma$ gesetzt, also haben wir

p $p = \frac{7218}{W\gamma}$ Fuß, als das p in der Gleichung

$$(g + h).\ W\gamma = (h + p - (o + k + f) - {}'f - f - s - q - x\,n\,L\,\frac{{}'m + {}''m}{g\,m\,\mathfrak{E}\vartheta\vartheta}).\ W\gamma$$

die es mit dem Niedergange des Treibkolbens zu thun hat. (§. 177.)

Berechnung des $o + k + f$.

§. 222.

Beym Niedergehen des Treibkolbens muß das Stiefelwasser unter ihm durch den Boden des Stiefels zurückgepreßt werden. Das Loch dazu war nicht gehörig konisch erweitert, sondern hatte im Durchmesser durchaus nur 3,166 Zoll; der Stiefel, Treibcylinder aber 13,861 Zoll. Die mittlere Geschwindigkeit des Wassers im Cylinder bey niedergehendem Kolben war $= \frac{L}{\vartheta} = \frac{3{,}5}{6} = 0{,}5833$ Fuß; in der Mündung also die Geschwindigkeit $c = \left(\frac{13{,}861}{3{,}166}\right)^{2} \cdot 0{,}5833$ Fuß.

Obiges o bedeutet die Krafthöhe, welche erfordert wurde, um die nöthige Geschwindigkeitsvermehrung, wofür wir das ganze c anrechnen können, in diesem Loche zu bewirken. Ob es gleich cylindrisch war, so war es doch nicht lang genug, um für eine vortheilhafte cylindrische Mündung zu gelten: sondern wir wer-

werden $o = \frac{cc}{0{,}62^2 . 4g}$ ansetzen müssen, welches o

$o = \left(\frac{13{,}861}{3{,}166}\right)^4 \cdot \frac{0{,}5833^2}{4g . 0{,}62^2} = 2{,}95$ Fuß giebt.

§. 223.

Indem das Stiefelwasser bey niedergehendem Kolben bis zum Steuerungsrohre zurück getrieben wird, muß es die Hälfte der Krümmungen und Biegungen wiederum erleiden, deren Widerstandshöhe $k = 11{,}888 . \frac{1}{3}C$ in §. 192 gefunden wurde, während des aufsteigenden Kolbens, wobey $\frac{1}{3}C$ die Geschwindigkeitshöhe in den Verbindungsröhren war. Bey niedergehendem Treibkolben ist diese Geschwindigkeitshöhe $\left(\frac{22}{6}\right)^2 = 3{,}666^2$ mahl größer; also haben wir für den Krümmungswiderstand,

$k = \frac{1}{2} . 11{,}888 . 3{,}666^2 . \frac{1}{3}C$, welches $k = 3{,}83$ Fuß k giebt.

§. 224.

Eben so muß $f = \frac{1}{2}\left(\frac{22}{6}\right)^2 . "f$ seyn, da "$f = 0{,}11$ Fuß (§. 187.) die Widerstandshöhe der Friction in den sämmtlichen Verbindungsröhren beym Aufgehen des Kolbens bedeutet. Das giebt

$f = 0{,}74$ Fuß.

§. 225.

Daher nun $o + k + f = 2{,}95 + 3{,}83 + 0{,}74 = 7{,}52$ Fuß.

Da nun $W\gamma = 52$ ungefähr ist; so haben wir auch

$$o + k + f = \frac{391}{W\gamma} \text{ Fuß.}$$

Be-

Bestimmung des 'f.

§. 226.

Aus §. 224 ergiebt sich, daß der Kolbenstulp bey seinem Niederschieben nur von einer Widerstandshöhe $= 7{,}52 - h$ Fuß an die Stiefelwand gepreßt wird. Bey so geringer Druckhöhe, muß auf einen von ihr unabhängigen constanten Theil der Friction geachtet werden. (§. 119). Dieser muß auch bey dem hier gebrauchten Kolben um so beträchtlicher gewesen seyn; da er nicht für einen solchen gelten kann, der bloß durch seine Liederung über dem Sturz anschließen sollte. (§. 107.). Nehmen wir noch dazu, daß er nicht einen völlig verticalen Trieb erhielt, so würden wir immerhin die Friction auf 120 ℔ ansetzen können. Da er indessen zur Beobachtungszeit äußerst locker gieng, so mögen wir nur etwa $'f W\gamma = 100$ ℔ anzusetzen haben.

$'f$ Also $'f = \frac{100}{W\gamma}$ Fuß.

Berechnung des f für die Zapfenfriction.

§. 227.

Bey steigendem Treibkolben war an den drey Zapfen der Hauptschwinge das Frictionsmoment $\varepsilon F = 170$ Fuß ℔, also $F = \frac{170}{7} = 24$ ℔ der Druck, welchen dieser Friction wegen der steigende Kolben gegen die Hauptschwinge verwenden mußte. Bey niedergehendem Treibkolben wird die Friction um ein ziemliches größer ausfallen müssen. Wir betrachten

1) die Friction am mittleren Zapfen.

Von dem sämmtlichen Gewichte des rechten Armes der Hauptschwinge, und was mit ihm an lastender

Masse

Masse verbunden ist, werden 208 + 120 = 328 ℔ durch den Widerstand in §. 222 und 223, aufgehoben. Das übrige des genannten sämmtlichen Gewichtes, welches (G — 328) ℔ heissen mag, wird, im Beharrungszustande wenigstens, völlig angewandt, um der Lastung des linken Armes das Gleichgewicht zu halten, und es ist der Mühe nicht werth, für die Frictionsberechnung zwischen Beschleunigungs- und Beharrungszustand zu unterscheiden: G

Folglich wird das Pfadeisen des mittleren Zapfens gedrückt von

$$(G - 328)\ ℔ + (A + Z + B)\ ℔,$$

wenn B das gesammte Gewicht des linken Armes der Hauptschwinge sammt dem Kunstgestänge, ferner Z den Widerstand bedeutet, welchen die Anhebung der Kunstsätze verursacht, und A das Gewicht der mittleren Welle in C sammt ihrem Kreuzarme angiebt. B Z A

Es besteht aber $G + B + A$

1) aus dem Gewichte B = 350 ℔ des linken Armes selbst,

2) dem Gewichte S = 1950 des Schachtgestänges ꝛc. (§. 209.)

3) aus A = 440 ℔,

4) dem Gewichte des rechten Armes der Hauptschwinge, = 580 ℔

5) dem Gewichte des Treibkolbens und der Stoßstange sammt ihrer Welle und ihrem Eisen in Q, zusammen = 880 ℔,

6) endlich aus der Gewichtslade U = 5500 ℔.

Ferner kann Z = 8050 ℔ hier angesetzt werden.

Also

Also $G - 328 + A + Z + B = 17422$

und daher (verglichen §. 215.) am mittleren Zapfen das Frictionsmoment

$= \varphi . b . 17422 = \frac{1}{8} . \frac{1}{6} . 17422 = 363$ Fuß ℔.

II) Die Zapfen des Kunstgestänges werden auf ihre Pfadeisen gedrückt mit $Z = 8050$ ℔. Also ist an diesen Zapfen (§. 215.) das Frictionsmoment

$= \varphi'' b . 8050 = \frac{1}{8} . \frac{1}{8} . 8080 = 125$ Fuß ℔.

III) An den Zapfen der Stoßstange lastet das Gewicht von ihr, nebst ihrer Welle und dem Treibkolben, weniger den obigen 328 ℔; also $600 - 328 = 332$ ℔. Also ihr Frictionsmoment

$= \varphi''' b . 332 = \frac{1}{8} . \frac{1}{8} . 332 = 9$ Fuß ℔.

§. 228.

Also ist an den drey Zapfen das gesammte Frictionsmoment

$= 363 + 125 + 9 = 497$; und wir haben nun

$e f W \gamma = 497$ Fuß ℔.

$$f \quad \text{also } f = \frac{4}{25} \cdot \frac{497}{W\gamma} = \frac{79}{W\gamma} .$$

Bestimmung des s.

§. 229.

Der Widerstand des Steuerungsgeschirres wird beym Niedergehen des Treibkolbens, einen unbeträchtlichen Unterschied bey Seite gesetzt, eben so groß als bey dem steigenden Treibkolben seyn: daher wir das

Mo-

Moment desselben = 100 Fuß ℔ setzen, wie oben §. 211, welches uns e. s $W\gamma = 100$, also

$$s = \frac{4}{25} \cdot \frac{100}{W\gamma} = \frac{16}{W\gamma}$$ Fuß giebt. s

Bestimmung des q.

§. 230.

Das statische Moment des linken Armes ist $Bb = 1050$ (§. 212.); also e. $q\,W\gamma = 1050$, und daher

$$q = \frac{4}{25} \cdot 1050 = \frac{168}{W\gamma}$$ Fuß. q

Bestimmung des "m.

§. 231.

An festen Massen waren beym Niedergehen des Treibkolbens am rechten Arme der Hauptschwinge in Bewegung zu setzen:

1) der Treibkolben sammt Stoßstange nebst Welle mit ihren Zapfen und andern Eisen in der Nähe der Zapfen, zusammen = 880 ℔.

2) Die Gewichtslade U = 5500 ℔. Es war aber ihre Länge EF = 4,5 Fuß und vom Drehungspuncte C ihre kürzeste Entfernung CE = 5 Fuß; also ihr Drehungsmoment Fig. 1.

$= (5.5 + 5.4{,}5 + \frac{1}{3}.4{,}5.4{,}5).5500 = 54{,}25.5500$. *)

Sey

*) Ich muß von meinen Lesern voraussetzen, daß sie die Regeln zur Berechnung solcher Drehungs- oder sogenannten Trägheits-Momente aus den dafür bekannten Lehren selbst herzuleiten wissen.

Sey nun x ℔ das Gewicht der Masse, welche in der Stoßstange Entfernung $e = \frac{25}{4}$ Fuß angebracht, für die Beschleunigung gleichgültig jener Masse der Gewichtslade wäre; so hat man $x = \frac{4.4}{25.25} \cdot 54{,}25.$

$5500 = 7638.$

3) Die beyden Balken des rechten Armes wogen etwa 550 ℔, und ihre Länge war = 10 Fuß; ihr Drehungsmoment also $= 10.10.\frac{550}{3}$, und die in Entfernung der Stoßstange ihr gleichgültige Masse

$$= \frac{4.4}{25.25} \cdot \frac{55000}{3} = 469 \text{ ℔}.$$

Also war von der gesammten Masse am rechten Arme der Hauptschwinge das Drehungsmoment so groß, als ob in Entfernung der Stoßstange die Masse $880 + 7638 + 469 = 8987$ ℔ angebracht wäre.

§. 232.

Am linken Arme waren folgende feste Massen zu beschleunigen:

1) am Zapfen in Q_2 der von C die Entfernung e = 5 Fuß hatte, das Schachtgestänge nebst Welle und Pfadeisen = 1950 ℔.

2) Die beyden Balken des linken Armes sollen = 300 ℔ gewogen haben. Ihre Länge war = 6 Fuß; also ihr Drehungsmoment $= 6.6.\frac{300}{3} = 3600.$ Wir nehmen noch hinzu

3) den

3) den Kreuzarm sammt dem Schuhe seines untern Theiles = 220 ℔. Seine Länge in jedem Theile war = 4 Fuß, also sein Drehungsmoment $= 4.4.\frac{220}{3} = 1173$. Wegen des daran befindlichen Steuerungsgeschirres, auch der Hauptwelle selbst, worin er befestigt war, wollen wir es = 1400 setzen.

Die beyden Drehungsmomente 2) und 3) also zusammen = 5000; also die ihr gleichgültige Masse an der Welle des linken Armes $= \frac{5000}{5.5} = 200$ ℔.

Die Massen des linken Armes 1) und 2) nebst 3) und der Hauptwelle waren also gleichgültig mit 1950 + 200 = 2150 ℔ in 5 Fuß Entfernung angebracht; hatten daher das Drehungsmoment 5.5. 2150; und in Entfernung des Treibkolbens angebracht, wäre die ihr gleichgültige Masse

$$= \frac{4.4}{25.25} \cdot 5.5.2150 = \frac{16}{25} \cdot 2150 = 1376 \text{ ℔}.$$

§. 233.

Also für die Beschleunigung der festen Massen überhaupt so gut, als 8987 + 1376 = 10363 ℔ im Treibkolben angebracht.

Daher $'a\,W\gamma = 10363$ ℔, und $'a = 198$, in $'a$ runder Zahl = 200 Fuß.

Bestimmung des $'m$.

§. 234.

$'m\,W\gamma$ bedeutet das Gewicht des Wassers, welches in dem Treibcylinder angebracht, in Absicht auf

die Beschleunigung den sämmtlichen Wassermassen gleichgültig wäre, die während dem Niederschieben des Treibkolbens in Bewegung zu setzen sind. Diese Massen bestehen aber

1) aus dem Stiefelwasser unter dem Treibkolben. Seinetwegen können wir geradezu ein $m' = L = 3{,}5$ Fuß anrechnen; indem m' einen ersten Theil des `m bedeuten soll.

2) Ein zweyter Theil des `m sey m'', der durch die Wassermassen in den hinteren Verbindungsröhren verursacht wird. Jede dieser Röhren ist etwa 5 Fuß lang; beyder Weite zusammengenommen etwa $\frac{1}{4}$ Quadratfuß, der Treibcylinder aber viermahl weiter; also in den Verbindungsröhren die Geschwindigkeit 4mahl größer als im Treibcylinder und daher $m'' = 5 \cdot \frac{1}{4} \cdot 4 \cdot 4 = 20$ Fuß.

3) Sey endlich m''' der Theil des `m, welcher durch die Wassermassen entsteht, die von der Kraft, welche den Treibkolben niedertreibt, auch noch in den 5 Kunstsätzen zu beschleunigen sind. Diese Massen bestehen lediglich (§. 95.) aus dem Wasser, welches oberhalb der fünf Satzkolben zu heben war. Hoben die Sätze wirklich voll; so war über jedem Kolben am Anfang des Hubes die Höhe des Wassers $= 8{,}6 + 34{,}08 = 42{,}7$ Zoll $= 3{,}5$ Fuß. Für die erste Hälfte des Kolbenhubes giebt das die mittlere Größe $= \frac{5}{6} \cdot 3{,}5 = 3$ Fuß. Da die Kolbenweite $= 0{,}61$ Quadratfuß war, so wäre in allen 5 Sätzen das Gewicht dieser mittlern Größe des Hubwassers $= 5 \cdot 3 \cdot 0{,}61 \cdot \gamma = 9{,}85 \cdot \gamma$ ℔. Für den Raum, welchen die Zugstangen einnehmen, mag der 6te Theil abzurechnen seyn; so bleibt $= 7{,}6 \cdot \gamma \cdot$ ℔, welches nun noch auf die Geschwindigkeit des Treibkolbens zu reduciren ist.

Die

Die beobachtete Hubhöhe in den Sätzen war 2,84 Fuß, und das gleichzeitige Niedergehen des Treibkolbens = 3,5 Fuß. Folglich

$$m'''. W\gamma = 7{,}6. \left(\frac{2{,}84}{3{,}5}\right)^2. \gamma,$$

das Gewicht der gleichgültigen Masse im Treibcylinder.

Da nun W nicht viel über 1 Quadratfuß ist; so haben wir genau genug

$$m''' = 7. \left(\frac{2{,}84}{3{,}5}\right)^2 = 4{,}5 \text{ Fuß}.$$

Also $'m = m' + m'' + m'''$ $'m$

$= 3{,}5 + 20 + 4{,}5 = 28$ Fuß.

§. 235.

Demnach würden wir in der Gleichung §. 221, das letzte Glied

$$x\,n\,L\,\frac{'m + ''m}{m\mathfrak{E}.g\mathfrak{G}} = x.n.3{,}5.\frac{28+200}{g.6.6} = x.n.1{,}3 \text{ Fuß}$$

haben; wenn wir auf die Winkelfunction $m\mathfrak{E}$ nicht achten, sondern $m\mathfrak{E} = 1$ setzen wollten.

In der That, obgleich der hiesige Kraftverlust wegen $m\mathfrak{E} > \mathfrak{E}$ verhältnißmäßig größer ist, als bey dem letzten Gliede in §. 206; so will er doch hier nicht viel sagen, weil das ganze Glied nicht sehr beträchtlich ausfällt, indem wir doch wiederum nur $n = 2$ ansetzen werden. Es mag daher den folgenden Hen nur durchlesen, wem daran gelegen ist, die Methode in §. 174 bey einem bestimmten Beyspiele durchgeführt zu sehen.

§. 236.

Nach §. 175 kann der Einfluß, welchen $\mathfrak{E}$ auf die sämmtliche bewegende Kraft u hat, als ein

$$(\mathfrak{E})\ u = \mathfrak{E}(u' + u'') + \mathfrak{E}\mathfrak{E}.(u''' + u'''')$$

betrachtet werden.

Die vier gestrichenen u, in welche das ganze u sich gleichsam zertheilen muß, werden den vier Massentheilen, welche von den vier Theilen des u in Bewegung zu setzen sind, proportional seyn, nachdem die Massentheile durch ihr Trägheitsmoment auf die Geschwindigkeit des Treibkolbens reducirt sind.

Nun gehören für $u' + u''$

nicht nur die sämmtlichen in §. 228 aufgeführten Massen, deren gleichgültige = 8987 ℔ ist;

sondern auch die in §. 229 aufgeführten, außer der dortigen ersten. Die beyden übrigen geben noch $= \frac{4}{25} \cdot \frac{4}{25} \cdot 5 \cdot 5 \cdot 200 = 128$ ℔, als die ihnen gleichgültige Masse;

und überdies gehören hierher noch von den Wassermassen aus §. 231 die beyden ersten Nummern, etwa $= 23{,}5 . W\gamma = 23{,}5 . 52 = 1200$ ℔.

Die von u' und u'' zu bewegenden Massen sind daher als

$$8987 + 128 + 1200 = 10315 \text{ ℔}$$ anzurechen.

Für u''' werden

an festen Massen gehören die in §. 229, No. 1. aufgeführten S = 1950 ℔

und an flüssigen, die unter No. 3. §. 231 aufgeführten Hubwasser $= 4{,}5 . W\gamma = 45 . 52 = 280$ ℔.

Diese $1950 + 280 = 2230$ ℔ haben von der Axe C die Entfernung e = 5 Fuß. Also ist ihr Trägheitsmoment = 5. 5. 2230, und in der Stoßstange

Axen=

Axenentfernung e ist ihr gleichgültig die Masse $\frac{4}{25} \cdot \frac{4}{25} \cdot 5 \cdot 5 \cdot 2230 = 1427$ ℔.

Wegen der Masse des Steuerungsgeschirres, die durch den Krafttheil u'''' zu beschleunigen ist, wollen wir diese 1427 ℔ auf die runde Zahl 1500 ℔ erheben; so müssen nun

die drey Kraftgrößen $(u' + u'') + (u''' + u'''') = u$

den drey Zahlen $10315 + 1500 = 11815$,

wofür wir auch $20 + 3 = 23$ gebrauchen können, proportional seyn.

Das giebt nun

$$(\mathfrak{E}) = \frac{\mathfrak{E}.20 + \mathfrak{E}\mathfrak{E}3}{23} = \frac{20 + 3\,\mathfrak{E}}{23} \cdot \mathfrak{E}.$$

Im Anfange der Kolbenbewegung ist bey unserer Maschine $\mathfrak{E} = \cos 16\frac{1}{2}° = 0{,}96$; also

$$(\mathfrak{E}) = m\mathfrak{E} = \frac{20 + 2{,}88}{23} \cdot \mathfrak{E} = 0{,}99\,\mathfrak{E} = 0{,}95.$$

Für einen längeren Theil der Kolbenbewegung, wie wir nachher annehmen werden, wird die mittlere Größe des wachsenden $(\mathfrak{E})$ etwas größer ausfallen.

Um dann nicht aufs neue über diese Kleinigkeit reden zu müssen, so wollen wir des $(\mathfrak{E}) = m\mathfrak{E}$ mittlere Größe $= 0{,}96$ setzen; wo sie nachher aufs neue in Betrachtung kommt. Für das Glied aber, welches wir so eben vor Augen haben, ist es nicht der Mühe werth, wegen seines $m\mathfrak{E}$ etwas zu ändern; sondern wir können es bey dem vorhin gefundenen Werthe bewenden lassen, und

$$x.\,n\,L\,\frac{'m + ''m}{m\mathfrak{E}g\mathfrak{H}} = x.\,n.\,1{,}3 \text{ Fuß ansetzen.}$$

§. 237.

Durch die Rechnungen seit §. 219 werden wir nun für die Gleichung §. 218 alle Größen bis auf $(g + h)$, welches eben aus den übrigen gefunden werden soll, bestimmt haben, wenn wir auch n nebst h und x noch gehörig zu wählen wissen.

Bey unsrer hiesigen ungefähren Berechnung muß nähmlich $n = \frac{nn}{2n-2}$ bloß durch ein schicklich gewähltes n bestimmt werden. Wählen wir wiederum $n = 2$, nehmen also damit

1) an, daß während der ganzen Halbzeit des Kolbenniederganges eine constante Beschleunigung soll angerechnet werden; so ist wiederum $n = 2$, und zur Beschleunigung während dieses ersten $\frac{1}{2}\vartheta$ die Kraft

$$x.\frac{2L}{gm\mathfrak{E}\vartheta\vartheta}('m + ''m).W\gamma = x.2{,}6.W\gamma = x.135\,\text{lb}$$

nöthig.

Nehmen wir auch

2) an, daß während dieses ersten $\frac{1}{2}\vartheta$ gerade die halbe Länge des Kolbenniederganges durchlaufen sey, und dann

3) in dem übrigen $\frac{1}{2}\vartheta$ der Kolbenlauf eben so verzögert werde, als er in der ersten Halbzeit beschleunigt wurde:

so wird nun hier die auf Beschleunigung verwandte Kraft, während der Verzögerung wiederum der Maschine, zur Besiegung ihres Widerstandes, beynahe gänzlich zu Hülfe kommen. Lediglich wegen $\mathfrak{E}$ geht ein Theil davon verloren. Dieser beträgt hier

etwa

etwa $= 2\ (1 - 0{,}96)$. $135 = 11$ ℔; daher nun unsre obigen

x. 135 ℔ auf $= 11$ ℔ herabkommen.

§. 238.

Ebenfalls aus den Annahmen 1) 2) 3) folgt auch für h die mittlere Größe $h = \frac{1}{2} L = 1{,}75$ Fuß (§. 200), also $h W\gamma = 91$ ℔.

Also haben wir nunmehr für den ganzen Kolbenniedergang im Durchschnitt genommen, daß die hiezu gehörige mittlere Größe des $(g + h) W\gamma$

$$= (h + p - (o + k + f) - 'f - f - s - q - x.\, n\, L \frac{'m + ''m}{gm\mathfrak{E}\mathfrak{H}}) \cdot W\gamma$$

$= 91 + 7218 - 391 - 100 - 79 - 16 - 168 - 11$ sey;

das ist $(g + h)$. $W\gamma = 7309 - 765 = 6544$ ℔.

§. 239.

Daß heißt: indem wir beym Niedergehen des Treibkolbens, die ganze dazu vorhandene Kraft der Maschine, als einen in der Axe des Treibkolbens niederwärts wirkenden Druck betrachtet und behandelt haben; so wissen wir nun, daß etwa $= 6544$ ℔ derjenige Theil dieses Druckes ist, welchen die Maschine auf den Widerstand Z verwenden kann, den die Anhebung der Kunstsätze im Puncte T verursacht; und daß $= 6544$ ℔ die mittlere Größe dieses Druckes für die ganze Zeit des Kolbenlaufes im Durchschnitt genommen, ausmacht.

Der Zug, welchen dieser Druck in T, dem Z entgegen gerichtet leistet, heisse Z; so haben wir nach den statischen Momenten, e. Z = e. 6544.

Gebrauchen wir das Verhältniß

$$CT : CQ = e : e = 5 : 6{,}16$$

wie es aus den beobachteten Hubhöhen des Treibcylinders und der Kunstsätze am zuverlässigsten folgt; so erhalten wir endlich

$$\mathfrak{Z} = \frac{6{,}16}{5} \cdot 6544 = 1{,}23 . 6544 = 8049 \text{ ℔}.$$

§. 240.

Dieses $\mathfrak{Z} = -Z$, träfe nun so gut als völlig mit dem $Z = 8050$ ℔ überein, das wir als den Widerstand, welchen das Kunstgezeug im ersten $\frac{1}{4}\vartheta$ seiner Anhebung erfordert, in §. 137 gefunden haben!

Indessen muß ich nun erinnern, daß unsere Rechnungen so äußerst zutreffend und genau, als es hienach scheinen könnte, mit Gewißheit nicht seyn können, aus folgenden Gründen.

§. 241.

Bey Berechnung des Kunstgezeuges fanden wir (§. 137.), daß sein Widerstand $Z = 8100$ ℔ sey, im Anfange seines Anhebens, und daß dieser Widerstand etwa auf $Z = 8050$ in mittlerer Größe zu schätzen sey, wenn wir annehmen würden, daß die Beschleunigung etwa den 4ten oder 5ten Theil der Hubzeit dauern möchte. Bey wiederhohlter Betrachtung des Umstandes, daß uns in der angenommenen Maschine so manches unbekannt sey, hielt ich es für besser, die Rechnung für die Beschleunigung nur äußerst einfach, nach den Annahmen 1) 2) 3) §. 237, anzulegen; damit es desto weniger Mühe mache, die mehreren Möglichkeiten, welche des Unbekannten wegen übrig bleiben, neben einander zu würdigen.

Für

Für diese drey Annahmen wird nun die mittlere Größe des Z, aus der Betrachtung des Kunstgezeuges abgeleitet, um ein ziemliches kleiner als 8050 ℔ ausfallen. In den Kunstsätzen war der Kolbenhub = 2,84 Fuß, und die abgeglichene Weite W der Kolbenröhren = 0,61 Quadratfuß: daher die fünf Sätze während ihres ganzen Anhubes sich der

Wasserlast $(1 - \frac{1}{6}) . 5 . 2{,}84 . 0{,}61 . 50$ ℔ entledigten,

indem wir das eine Sechstel wegen des Raumes, den die Zugstangen einnehmen, abziehen.

Unter den eben bezogenen Annahmen 1) 2) 3) würde nun von dieser Lasterleichterung die für den ganzen Kolbenhub gehörige mittlere Größe

$= \frac{1}{2} . \frac{5}{6} . 5 . 2{,}84 . 0{,}61 . 50 = \frac{1}{2} . 360 = 180$ ℔ seyn.

Da diese Lasterleichterung überhaupt eine so beträchtliche Größe ausmacht, daß sie während des ganzen Kolbenhubes von 0 bis auf 360 ℔ anwächst; so entsteht nun die Frage, ob unsre drey Annahmen dessen ungeachtet schicklich bleiben! und wir werden hierauf eine alternative Antwort geben müssen.

§. 242.

Nach §. 200 und 203 wissen wir, daß, unsere drey Annahmen vorausgesetzt, die mittlere Größe der Lasterleichterung während der ersten Halbzeit des Kolbenhubes nur $= \frac{1}{6} . 360 = 60$ ℔, während der zweyten Halbzeit aber $= \frac{5}{6} . 360 = 300$ ℔ würde betragen haben.

Hiergegen macht es keinen hinreichenden Ersatz aus, daß nun bey dem gleichzeitig niederschiebenden Treibkolben, wegen seiner abnehmenden h, an ihm die Kraft während der ersten Halbzeit

um $\frac{1}{6}$. L W $\gamma' = \frac{1}{6}$. 3,5. 1,04. 49 = 30 ℔,

und während der zweyten Halbzeit

um $\frac{5}{6}$. L W $\gamma' = 150$ ℔ vermindert wird.

Nach Abzug dieser entgegengesetzten Größen wird immer noch für die erste Halbzeit eine Lastverminderung von nur 60 — 30 = 30 ℔,

und für die zweyte Halbzeit dagegen eine Lastverminderung von 300 — 150 = 150 ℔ übrig bleiben.

Erste Alternative.

§. 243.

Hatte nun der Ueberwuchtsmittelpunct im rechten Arme der Hauptschwinge eine solche Lage, daß er gerade in der ersten Halbzeit seines Niederganges mehr mechanisches Kraftmoment, als in der zweyten Halbzeit verursachte; so konnte er den noch fehlenden Ersatz leisten, und allerdings die Maschine sich unsern drey Annahmen sehr gemäß bewegen. In diesem Falle kam die mittlere Größe des Z auf 8100 — 180 = 7920 ℔ herab.

Aber wir haben auch schon oben §. 204, angemerkt, daß die Kraft p W γ wahrscheinlich um ein 50 ℔ geringer gewesen sey, als wir dort sie anrechneten. Dieses würde für das in §. 239, gefundene $\mathfrak{Z} = 8049$ ℔ eine Verkleinerung von $\frac{6,16}{5} \cdot 50 = 62$ ℔ verursachen; wodurch wir bis auf $\mathfrak{Z} = 8049 - 62 = 7977$ herab kämen.

Demnach gäbe unsere Rechnung an 57 ℔ Kraft mehr für die Maschine zur Anhebung der Kunstsätze, als nach unserer Berechnung des Kunstgezeuges dazu verbraucht wurde. — Allerdings muß ich es für sehr mög-

möglich halten, daß unsere nur abgeglichene ungefähre Rechnung noch um einen weit größeren Unterschied wirklich trügen könne. Uebrigens aber kann auch der hiesige Unterschied lediglich daraus entstehen, daß der Ueberwuchtsmittelpunct nicht den völligen vorhin erwähnten Ersatz leistete. In diesem Falle mußte die Maschine mehr Kraft erfordern, als nach unsern drey Annahmen nur nöthig war, wie es aus der gleichfolgenden Alternative erhellet.

Zweyte Alternative.

§. 244.

Wenn die Hauptschwinge jenen Ersatz nicht leistete; so mußten die Kolben in der ersten Halblänge ihres Laufes sich länger, als in der zweyten verweilen. In diesem Falle mußte gerade die anfängliche nur geringe Lasterleichterung durch den größten Zeittheil des Kolbenhubes, und die spätere große Lasterleichterung nur durch den übrigen kleineren Zeittheil, der Maschine zu Gute kommen. Mit andern Worten: die mittlere Größe der Lasterleichterung ist in diesem Falle weit geringer als 150 ℔ anzusetzen. Es ist gar wohl möglich, daß sie hiedurch auf 50 ℔ herabkomme; und daher wirklich an dem Kunstgezeuge ein $Z = 8050$ ℔ erfordert wurde.

Nach Wahrscheinlichkeit wurde nur ein $\mathfrak{Z} = 7977$ ℔ von der Maschine geleistet; also fehlten ihr dann 73 ℔ Kraft!

Gleichwohl ist es gerade die zweyte Alternative, welche die meiste Wahrscheinlichkeit vor sich hat; da es kaum zu erwarten ist, daß die Maschine einen ganz so ordentlichen Gang gehabt habe, als die Annahmen 1) 2) 3) ihn voraussetzen.

Noch eine Möglichkeit.

§. 245.

Die Nachricht von der Menge des entwischten Wassers, schien mir etwas bedenklich, §. 58. (weil ich bey meinen Nachrechnungen über die in den vorgefundenen Acten aufgeführten Größen, ebenfalls auf eine gewisse Differenz gerieth, die zwischen $\frac{1}{5}$ und $\frac{1}{6}$ betrug, und die man bey übereilter Betrachtung der Sache wohl für den Unterschied zwischen dem wirklich eingefallenen und dem eigentlich nur nöthigen Aufschlagewasser dürfte geachtet haben.) Daher habe ich auch keinen ganz strengen Gebrauch von der Angabe gemacht. (§. 193.). Wollten wir das thun; so würde die Widerstandgröße ($\sigma + f + k$). Wγ noch um 100 ℔ größer ausfallen; und dann würde der Maschine fast an 200 ℔ Kraft zu fehlen scheinen!

Nicht nur bey diesem, sondern auch allenfalls bey einem noch größern Kraftmangel würde ich, warum die Maschine dennoch bewegt wurde, aus der schon berührten Wahrscheinlichkeit zu erklären wissen, daß die Kunstsätze nicht gänzlich voll mögen gehoben haben!

§. 246.

In diesem Falle wird beym Anheben der Satzkolben in der obersten Gegend ihres Hubes ein ziemlich luftleerer Raum entstehen. Gänzlich luftleer wird er nicht bleiben können, weil sich so lange das Stöckelventil noch offen ist, aus der ganzen Saughöhe Luft entwickelt; nach geschlossenem Stöckel nur noch aus dem Wasser über ihm. Ueberdies werden sich in jenem ziemlich luftleeren Raum auch Wasserdämpfe erzeugen, die ebenfalls ein etwas elastisches Fluidum ausmachen.

Wäre

Wäre der genannte Raum ganz ohne Elasticität; so würde beym Niederschieben der fünf Satzkolben, so lange sie durch diesen Raum schieben, ein fünffacher Atmosphärendruck auf sie wirken, der bey dem höchsten Barometerstande in Marienberg

$= 5 \cdot 33{,}4 \cdot 0{,}61 \cdot 50 = 5113$ ℔ betrüge!

Mag nun auch eine beträchtliche Elasticität jener Räume ihm entgegendrücken; so kann er immerhin noch ein Paar tausend ℔ betragen!

Er wird nur eine desto kürzere Zeit wirksam bleiben, je geringer der Raum ist; und da von dem Hubwasser über den Kolben ein ziemlicher Theil in den leeren Raum wird hineingedrückt werden; so wird auch dadurch der Raum und der Elasticitätsmangel vermindert. Dennoch kann jener Atmosphärendruck nicht nur hinreichend seyn, um den obigen Kraftmangel von 73 oder 173 ℔ völlig zu ersetzen: sondern es wäre auch, in so fern die Vollhübigkeit zweifelhaft war, dieses Umstandes wegen sehr möglich, daß die Maschine noch etwas weniger Kraft geleistet habe, als unsere Rechnungen nach Abzug jener 73 oder 173 ℔ für sie bestimmen würden.

§. 247.

Wenn wir nähmlich bedenken, daß wir manche Größen, die zur Rechnung nöthig waren, nur aufs ungefähre annehmen und abgleichen mußten; so werden wir die Rechnungen in allen ihren Theilen für völlig zuverlässig nicht ausgeben wollen. Zugleich aber wird es auch aus der hiesigen Behandlung im Ganzen genommen erhellen, daß wir allerdings nach eben dieser Methode schon eine völlig bekannte Maschine mit einem sehr hohen Grade von Genauigkeit würden berechnen können.

Auch

Auch wird der Nutzen einer solchen methodischen Berechnung sehr am Tage liegen. Nur durch die Theorie, welche dazu erforderlich ist, kann man Kraft und Wirkung nach allen ihren Haupttheilen unterscheiden und würdigen lernen; auch dem gemäß die Maschine verbessern.

Mehrere dahin gehörige Gesichtspuncte habe ich schon in dem bisherigen Vortrage hie und da mit eröffnet; noch mehrere werde ich in den folgenden Kapiteln behandeln.

§. 248.

Die hydraulischen Bewegungshindernisse werden nach meinen Aeußerungen, zum Theil durch neue Versuche noch genauer bestimmt werden müssen, als ich es vorfand. Aber was in ihnen noch ungewiß ist, wird auf die neu entworfene Maschine, die ich in einem der letzten Kapitel berechnen werde, einen äußerst unbeträchtlichen Einfluß behalten.

Bey allen bisher erbauten Säulenmaschinen nehmen diese Bewegungshindernisse einen beträchtlichen Theil der Kraft hin. Ich will doch durch ein kurzes Beyspiel darlegen, in welche Unschicklichkeiten man verfallen könnte; wenn man mit diesem Theile der Hydraulik nicht bekannt wäre.

§. 249.

In der hier berechneten Maschine würde der hydraulische Widerstand wegen örtlicher Geschwindigkeitsvermehrung und ihrer Contraction, wegen Friction und Krümmung in dem Fallwerke und den Verbindungsröhren, etwa 6,34 Fuß von dem sämmtlichen Gefälle a = 133,3 Fuß auf sich gezogen haben, nach §. 193, (eigentlich sollte es 6,84 Fuß heissen) wenn

auch

auch im Steuerungsrohre und neben dem Treibkolben gar kein Wasser entwischt wäre. Es ist doch wahrlich sehr beachtenswerth und auffallend, daß die Widerstandshöhe bis auf 9 und 12 Fuß sich vergrößert, wenn von dem jedesmahl wirklich verbrauchten Aufschlagewasser ein Sechstel oder Fünftel verloren gieng. Es geht ja wahrlich ins Große, wie sehr der Wirkungsgrad der Maschine vermindert wird, wenn man diesen vermehrten Widerstand, und zugleich auch die dabey vermehrte Wasserconsumtion in Anschlag bringt, und auf der Gegenseite weiter nichts als die dabey verminderte Kolbenfriction abzurechnen hat!

Bey gut geliedertem Kolben ist diese Friction um ein ziemliches stärker als wir sie oben angerechnet haben. Dennoch würde die wirkliche Maschine dann mit einem gut gebauten oberschlägigen Kunstgezeuge einerley Wirkungsgrad erreicht haben.

Wenn man in dieser Hinsicht zufrieden mit ihr, eine andere ihr ähnlich hätte erbauen, aber doch dahin abändern wollen, daß sie statt der äußerst langsamen Kolbensteigung eine dreymahl geschwindere erhalten, also den Kolbenaufgang in $7\frac{1}{3}$ Secunden vollenden möchte; so würde dann jene Widerstandsgröße von 6,8. $W\gamma = 375$ ℔ auf ziemlich 61. $W\gamma = 3050$ ℔ angewachsen seyn; und so würde bloß durch diesen einzigen Umstand die neue Maschine so gut als völlig unbrauchbar haben ausfallen müssen!

Oder hätte man auch die Hubzeit etwa nur auf 9 bis 10 Secunden herabbringen wollen; so würde doch die Maschine ebenfalls so gut als völlig unbrauchbar geworden seyn; so bald ihre Kolbenliederung etwas abgenutzt gewesen wäre!

Solche Betrachtungen wird bey Zeiten nur derjenige Maschinist anstellen, der die Experimentalhydraulik theoretisch zu überschauen weiß, und dadurch erkannt hat, daß jener Widerstand so ziemlich dem Quadrate der Geschwindigkeit proportional wächst.

§. 250.

Dieses Beyspiel wird meine geübten Leser veranlassen auch nach gewissen Maximis und Minimis der Maschine zu fragen! Ich lasse diese und noch manche andere Betrachtung der Maschine für diesmahl unberührt. Der Herr Rath Langsdorf hat es schon sehr richtig erinnert, daß es bey den Maschinen nicht sowohl auf die mechanischen als auf die ökonomischen Maxima ankommt.

Es ist ermüdend, unangenehm und unsicher, die vielen Umstände, welche darauf Einfluß haben, idealisch zusammen zu setzen. Man hat auch die Hülfe erfahrner Techniker dabey nöthig, und diese haben bey ihren überhäuften täglichen Geschäften keine Zeit, sich für etwas anders als die jedesmahlige Wirklichkeit zu verwenden.

Aber auch ohne diese feineren Untersuchungen, werde ich in einem der letztern Kapitel eine Verbesserung für die hier behandelte Maschine der hiesigen Theorie gemäß entwerfen können, nach welcher sie um ein sehr beträchtliches mehr würde geleistet haben. Dabey wird auch namentlich der vorhin berührte Kraftverlust von 6,8 Fuß auf eine sehr unbeträchtliche Größe herabgebracht werden; da er hingegen, bey einer untheoretischen Abänderung der Maschine, bis auf die vorhin angeführten 61 Fuß hätte anwachsen können!

Dreyzehntes Kapitel.

Betrachtungen über die berechnete Maschine.

§. 251.

Von den hydraulischen Bewegungshindernissen $= (\sigma + f + k)$. $W\gamma$ bey dem Steigen, und den ähnlichen $= (o + f + k)$. $W\gamma$ bey dem Niedergehen des Treibkolbens, würde mehr als die Hälfte sich leicht haben vermeiden lassen.

Man denke sich den untern Theil der Einfallsröhre, einige Fuß hoch über dem untersten Stande des Treibkolbens, durch allmählige Krümmung aus seiner verticalen Richtung in die horizontale Einmündung des Steuerungsrohres hin eingeleitet, auch von der Ausmündung desselben bis zum Boden des Treibcylinders hin ebenfalls gehörig gekrümmte Verbindungsröhren angebracht; so werden von den sechs rechtwinkligen Biegungen, die bey der wirklichen Einrichtung vorkamen, nur ihrer zwey, zwischen Ein- und Ausmündung im Steuerungsrohre, übrig bleiben. Die beyden so eben verlangten Krümmungen aber werden aufs höchste nur eben so viel Widerstand verursachen, als diejenigen quadrantischen, welche an ihrer Statt bey der wirklichen Einrichtung vorkommen. (Freylich würden, Falls wir noch voraussetzen, daß der Wasserlauf zertheilt bleiben solle (§. 12.), die neu geforderten Krümmungen von der Art seyn müssen, die man in der höhern Geometrie eine doppelte nennt: indessen würden sich Krümmungen dieser Art allerdings formen und gießen, und durch gehörige Unterlage auch fest genug unterstützen lassen.)

Durch diese Einrichtung wären nun schon k und k weit über ihre Hälfte vermindert worden.

§. 252.

f würde um ein ziemliches verkleinert seyn, wenn man den obern Theil der Einfallsröhre, allenfalls bis auf ihre Hälfte herab, etwa noch einmahl so weit gemacht hätte. Der Aufwand an Metall wäre dadurch nicht sehr vermehrt worden, weil in der obern Hälfte der hydrostatische Seitendruck noch nicht so gar stark ist, die nöthige Dicke der Röhrwand nur dem Durchmesser proportional wächst, und dieser z. B. nur an 1,42 mahl größer zu nehmen wäre, wenn die Röhre noch einmahl so weit werden sollte.

§. 253.

In unserm σ ist auch die Widerstandshöhe mit begriffen, welche auf die Contractionen in dem Fallwerke zu verwenden ist; und dieser Kraftverlust kann so gut als völlig vermieden werden.

Giebt man dem Sammelkasten eine beträchtliche Weite, wie es auch aus anderweitigen Gründen rathsam wird; so ist aus der Experimentalhydraulik die Form schon bekannt, welche man der Fallröhre in ihrer obern Einmündung zu geben hat, um hier mit ziemlicher Sicherheit fast allen Kraftverlust wegen der Contraction zu ersparen.

Sey nähmlich = d der Durchmesser der Einfallsröhre, so wird die Einmündung einen abgestumpften Kegel ausmachen können, dessen kleiner Durchmesser = d, dessen großer Durchmesser = $\frac{5}{4}$ d, und dessen Länge = $\frac{5}{8}$ d ist.

§. 254.

§. 254.

Für den verlangten Wechsel in der Mitte der Fallröhre, wo sich der Durchmesser d bis auf den kleineren vorgegebnen $'d = (3 + \frac{1}{6})$ Zoll zu verengern hätte, ist die Strudelform freylich durch Versuche noch nicht bestimmt, indem d nicht sehr groß gegen $'d$ seyn kann, und daher die hiesige Ausmündung keine von den Seitenwänden sehr abgelegene Oefnung ausmacht. Indessen ist aus Gründen wohl im Voraus einzusehen, daß eben deshalb der größere, obere Durchmesser des Strudels etwas kleiner als $\frac{5}{4}$ $'d$ seyn, und die Länge des Strudels soweit er einen abgestumpften Kegel bildet, um ein ziemliches größer als nach der Regel des vorigen §en ausfallen muß. Ich vermuthe daß man das conische Wechselstück, zwischen dem obern und untern Theile der Einfallsröhre ziemlich der Strudelform anpassend erhalten wird, wenn man seinen obern Durchmesser höchstens $= 1{,}2.\,'d$, und dessen Höhe wenigstens $= 2\,'d$ macht, wobey ich natürlich annehme, daß sein unterer Durchmesser dem Durchmesser $'d$ im untern Theile der Fallröhre gleich gemacht wird. (Auf noch künstlichere als konische Formen des Wechselstückes zu denken, dürfte fürs erste wenigstens nicht rathsam seyn, und überhaupt der Mühe sich nicht belohnen).

Für die ersten noch zu erbauenden Einfallsröhren wird man also die vortheilhafteste unter den konischen Formen des Wechselstückes nur aufs Ungefähre errathen müssen. Bey wirklicher Erbauung derselben, wird sich für das wirklich angebrachte obere Stück der Einfallsröhre die eigentliche Form des freien Strudels durch Versuche abnehmen lassen: und wenn mehrere solche Beobachtungen von Sachverständigen angestellt sind, so kann dadurch die Experimentalhydraulik mit neuen hieher gehörigen Regeln bereichert werden.

Bloß dieser Regeln wegen mit hohen und weiten Röhren die Versuche vorzurichten, würde allzu kostspielig ausfallen; daher es uns an diesen Regeln noch fehlen mag.

§. 255.

Indessen wird der Fehler, den man in der Bildung dieses Wechselstückes anfangs begehen möchte, einen beträchtlichen Contractionsverlust nicht nach sich ziehen können, weil die Geschwindigkeitsvermehrung hier höchstens auf das Doppelte gehen wird. Weit beträchtlicher könnte ein solcher Kraftverlust bey der obern Einmündung in dem viel weiteren Sammelkasten ausfallen. Hier aber kann er durch die Regel in §. 253 in hohem Grade vermieden werden. Da nun ferner in allen übrigen Theilen des ganzen Fallwerkes sogar alle Geschwindigkeitsänderungen so gut als gänzlich können vermieden werden, so würde, unsere bisherigen Vorschläge befolgt,

die ganze Größe des σ sehr nahe bis auf $= \frac{cc}{4g}$

herabgebracht werden.

Eben das gilt für o, wenn man der Ausmündung im Boden des Treibcylinders die gehörige Form giebt. Da wir in der Folge sehen werden, daß die Fall- und Verbindungsröhren, ohne vielen Kraftverlust zu verursachen, ziemlich eng seyn können, in Vergleichung mit dem Treibcylinder; so wird auch die Form seiner Ausmündung der Regel in §. 253 ziemlich unterworfen seyn.

§. 256.

Die Zertheilung des Wasserlaufes durch zweyfache Verbindungsröhren hätte gewiß können vermieden werden. Ich habe schon oben (§. 12.) geäußert, daß

mir

mir alle die Gründe, welche Mende dabey vor Augen gehabt haben mochte, eine so künstliche Einrichtung nicht zu rechtfertigen scheinen. Selbst für die von ihm gebrauchte Kolbensteuerung hat es auch, wie ich jetzt höre, die Erfahrung bewiesen, daß die Steuerung gut von Statten gieng, wenn auch bisweilen eine von den beyden Einmündungen A sich verstopft hatte, also der Kolben nur von einer Seite gedrückt wurde. Fig. 3.

Selbst auch bey den allemahl gegliederten Steuerungskolben würde ich wenig Bedenken tragen, bey derselben Fallhöhe a = 133 Fuß, eine einzige Ausmündung gegen ihn zu führen, und sie eben so groß zu machen, als die beyden A zusammen genommen es waren. Vor der vermehrten Friction eines vergrößerten Steuerungskolbens hat man am wenigsten sich zu fürchten, da die ganze Steuerung nur wenig Kraft erfordert. Aber da es überdies durch andere Abänderungen, die ich in den letzten Kapiteln vorschlagen werde, sich dahin bringen läßt, daß man, ungeachtet der beybehaltenen und gewöhnlichen niedrigen Kunstsätze, die Höhe des Hubes im Treibcylinder um ein ziemliches vergrößern, und daher seine Weite vermindern kann; so wird es unter übrigens gleichen Umständen nicht dahin zu kommen brauchen, daß man die Mündungen A und B, wegen der einfachen Verbindungsröhren doppelt so groß vorzurichten brauchte.

Fällt nun die Zertheilung des Wasserlaufes weg, so wird auch die in §. 251 geforderte Einrichtung sehr viel einfacher ausfallen, und die so genannte doppelte Krümmung vermieden werden.

§. 257.

Ein beträchtlicher Kraftverlust der vorgenommenen Maschine war in der Einrichtung begründet, daß erst

mit niedergehendem Treibkolben die Kunstsätze angehoben wurden, und eben deshalb von dem steigenden
Fig. Treibkolben die beträchtliche Gewichtslade U mußte in
I. Bewegung gesetzt werden.

Mag dagegen immerhin bey der Ungarischen Einrichtung ein Balancier anzubringen seyn, so hat es doch dieser nur mit dem Uebermaaße in der Ueberwucht des Schachtgestänges zu thun, und daher ungleich weniger Gewicht als jenes U nöthig.

Dieser Unterschied ist an sich schon beträchtlich. Ueberdies mußte nun ein so großes U auch eine beträchtliche Stärke der Hauptschwinge erfordern. Die Durchschnitte ihrer Arme waren Quadrate, also den bekannten Regeln für die relative Festigkeit des Holzes nicht gemäß geformt, wodurch doch ein ziemliches hätte können erspart werden. Aber auch bey solcher Ersparung wäre immerhin viel Trägheitsmoment und Friction durch die schwere Gewichtslade verursacht worden. Die Friction ist baarer Kraftverlust, und was die beschleunigende Kraft betrifft, welche auf die viele Masse verwandt werden mußte, so ist es ungewiß, ob der Gang der Maschine so vollkommen eingerichtet war, daß jene Kraft während der Verzögerung völlig wieder gewonnen wurde!

Ferner konnte die Hauptschwinge mit ihrer großen Gewichtslade nicht gut anders als vermittelst einer Wellenzapfung bey Q gehoben werden, die während der Bewegung einen Bogen beschreibt, wodurch in den äußersten Gränzen des Kolbenhubes, $\frac{1}{25}$, und im Durchschnitt für den ganzen Kolbenhub etwa $\frac{3}{100}$ der ganzen Kraft verloren gieng, durch welche die Gewichtslade gehoben wurde. Dagegen kann ein minder belasteter Balancier durch Krümmlinge mit Laschenketten bewegt

wer-

werden, wodurch dergleichen Cosinualverlust so gut als völlig vermieden wird.

Ein ähnlicher Kraftverlust, der bey T vorfiel, hätte selbst auch bey den Sächsischen Maschinen können vermieden werden, weil man hier einen Krümmling gebrauchen konnte.

§. 258.

In den Kunstsätzen §. 129 scheint der $11\frac{1}{6}$ zollige, in Vergleichung des nur 10zolligen Stollensatzes, noch ein Ueberbleibsel von einem früheren Systeme gewesen zu seyn, das man überhaupt von einer größern Weite vielleicht in der Erwartung vorgerichtet hatte, daß die Säulenmaschine eine größere Wirkung leisten würde. Sollte der 10zollige Stollensatz alles aufnehmen, was der $11\frac{1}{6}$ zollige ihm zuhob: so mußte entweder der weitere schnarchen, oder gerade nur der engere immerfort in strenger Liederung erhalten werden.

§. 259.

Ist die Barometerhöhe für Marienberg, die wir freylich nur sehr ungefähr berechnen konnten, nicht zu geringe gefunden, so waren die Saughöhen in den Kunstsätzen etwas zu groß; und das Kunstgehänge würde bey eben so viel Sätzen besser gewirkt haben, wenn man den Saugröhren etwas abgebrochen und den Kolbenröhren, oder eigentlich ihren Aufsätzen zugelegt hätte.

§. 260.

Wie viel nun durch alle diese Abänderungen die Wirkung der Maschine im Ganzen genommen verbessert seyn würde, läßt sich aus ihrer vorigen Berechnung

ohne viele Umänderung nicht abnehmen, da die Maschine schon durch die bisherigen Vorschläge um vieles anders ausgefallen seyn würde. Ich will auf diese Berechnung keine Zeit verwenden, da sich überdies noch andre sehr beträchtliche Krafterſparungen anbringen lassen, die ich erst im 16ten und 17ten Kapitel vortragen werde, nachdem ich vorher noch ein Paar andere, von sehr geübten Praktikern angegebne Abänderungen der Wasserſäulenmaschine werde beurtheilt haben.

Vierzehntes Kapitel.

Beurtheilung der zweystiefligen Wasser-säulenmaschinen.

§. 261.

Wenigstens in denen Fällen, da man eine große Anzahl von Kunstsätzen durch ein Rad mit Krummzapfen in Bewegung setzt, pflegt man dafür zu sorgen, daß das Rad wenigstens zwey Krummzapfen erhält; da denn das beträchtliche Uebergewicht der einen Schachtstange die Steigerung der andern mit befördern hilft.

Wegen der gleich folgenden Beziehung auf diese Gewohnheit gehört es auch hieher zu erinnern, daß diese Hülfe noch weit beträchtlicher ausfallen muß, wenn man überdies die beyden Schachtgestänge unmittelbar mit einander verkuppelt; so daß vermittelst ihrer Kuppelschwinge, die an jedem Arme mit Krümmling und Laschenketten zu versehen ist, das niedergehende unmittelbar das andere steigende mit aufziehen hilft, ohne erst vermittelst des Krummzapfens auf das andere zu wirken. Vermittelst des Krummzapfens wird diese Wirkung einen beträchtlichen Cosinualverlust leiden, der überhaupt bey diesem so berühmten Geschirre meines Wissens noch von Niemand gehörig beachtet ist. *)

§. 262.

*) Durch die unmittelbare Verkuppelung der beyden Schachtstangen wird überdies ein beträchtlicher Zug und Druck derselben auf die beyden Krummzapfen vermieden, und dadurch nicht nur ziemlich viel unregelmäßige Friction, son-

§. 262.

Fast muß ich zweifeln, daß Mende den großen Nutzen einer unmittelbaren Verkuppelung der Schachtstangen gehörig erkannt hat; denn bis jetzt habe ich dergleichen von ihm nur angebracht gefunden, wo es nothwendig wurde, für die Verbesserung der Maschine eine neue Hülfe zu versuchen. Dem sey wie ihm wolle, so kann doch allerdings

1) der Wunsch nach einer Verkuppelung eine Hauptveranlassung abgeben, in der Säulenmaschine für eine einzige Einfallsröhre zwey Treibcylinder anzubringen: natürlich also auch zwey Steuerungen, und so daß die eine sich schließt, wenn die andre sich öfnet, der eine Treibkolben steigt, wenn der andre niedergeht, und beyde Stoßstangen durch eine Hauptschwinge verkuppelt werden, mit der zugleich das steigende und niedergehende Schachtgestänge verbunden ist.

§. 263.

Die Hülfe welche hier die sinkende Schachtstange der steigenden leistet, ist gewiß, wo die Stangen in eine große Teufe schieben, sehr beträchtlich, und noch beträchtlicher, als bey dem Radgezeuge die ähnliche Hülfe vermittelst der Krummzapfen es seyn kann: da jene Schwinge sich bey weiten nicht durch 180 Grad, wie der Krummzapfen, für jeden Kolbenlauf zu drehen hat, und überdies bey Krümmlingen mit Laschenketten die Cosinuirung äußerst unbeträchtlich ist.

§. 264.

dern auch ein Grund des schädlichen und kostspieligen Triebes zum Hin- und Herschwanken des großen Rades verhütet. Der große Trieb dazu wird dem aufmerksamen Beobachter kenntlich genug bleiben, wenn gleich das wirkliche Schwanken, durch gewaltige Umschließung der Wellzapfen ziemlich verhindert wird.

§. 264.

2) Ein zweyter Vortheil dieser zweystiefligen Maschinen besteht darin, daß einerley Fallwerk für zwey Treibcylinder benutzt wird, wodurch die beträchtlichen Kosten einer zweyten Fallröhre erspart werden. Bey der einstiefligen Maschine steht die Fallröhre ungenutzt da, so lange der Treibkolben niedergeht. Bey der zweystiefligen aber wird durch sie das Wasser fast ununterbrochen niederfallen. Bloß während des Wechsels der Steuerung wird es einige Augenblicke zum Stillstande gebracht.

§. 265.

Mehrere Vortheile weiß ich an dieser Art von zweystiefligen Maschinen nicht aufzufinden. Beyde sind aller Beachtung werth.

Aber selbst auch dann, wenn beyde Vortheile gerade nur dieser bisher bekannten Art von zweystiefligen Säulenmaschinen eigenthümlich wären; so würde ich zu ihrer Nachahmung dennoch nicht rathen können: weil ihre beyden Kolbenmaschinerien gar zu sehr von einander abhängen, und die Maschine dadurch sehr verwickelt wird. An der Steuerung und andern Theilen dieser Maschine wird es von Zeit zu Zeit etwas auszubessern, oder doch zu untersuchen geben, bald an ihrer einen, bald an ihrer andern Hälfte, und jedesmal wird dann das Ganze feiern müssen!

An derjenigen, die bey Marienberg auf dem Herzog Karl erbaut gewesen ist, hat es auch die Erfahrung bewiesen, daß ihre Wartung ungemein viele Mühe verursachte, und es ohn Unterlaß etwas auszubessern und auch abzuändern gab.

§. 266.

§. 266.

Ueberdies aber glaube ich deutlich einzusehen, daß sich der erste Vortheil, selbst auch bey einer einstiefligen, bald auf diese bald auf jene Weise ziemlich wird erreichen lassen, ohne daß man dadurch jenem bedenklichen Zwange zwischen zwey Kolbenmaschinerien unterworfen wird. (Namentlich auch durch die Wage-Kunstsätze, die ich in der Folge vorschlagen werde.)

Der zweyte Vortheil wird sich ganz ausgemacht, und in weit größerer Vollkommenheit, selbst auch bey einer einstiefligen Maschine gewinnen lassen, wenn sie nach dem Entwurfe im 16ten Kapitel erbauet wird.

Endlich werde ich dort selbst auch zwey- und noch mehrstiefligе Säulenmaschinen von einer andern Einrichtung vorschlagen, die den obigen Besorgnissen gar nicht unterworfen ist.

§. 267.

Unser Herr Oberkunstmeister Baldauf hat eine zweystiefligе Säulenmaschine modelliert, worin man einige hydraulische Fehler der Mendenschen sogleich auf den ersten Anblick vermieden sieht, und er auch eine ganz neue, sehr sinnreich erfundene Steuerungsart angebracht hat. Man rühmt von ihr, daß sie den Abschluß des Wassers ohne alle Erschütterung, und dennoch sehr plötzlich bewirkt. Ich selbst habe das Modell noch nicht im Gange gesehen, und mein gegenwärtiges Befinden erlaubt mir nicht, dieses noch vor dem Abdrucke dieses Bogens zu thun. Indessen habe ich alle Ursach zu vermuthen, daß der

Er-

Erfinder ſelbſt, bey wirklicher Erbauung einer Maſchine eine einfachere Steuerung rathſamer finden wird, beſonders da die Erſchütterung auf eine leichtere Weiſe zu vermeiden iſt. (§. 7. Seite 6.).

In Abſicht der beyden Stiefel gilt auch von dieſer Maſchine, was ich gegen die Mendenſche bereits erinnert habe.

Funfzehntes Kapitel.

Ein Paar Worte über den doppelschlägigen Treibcylinder.

§. 268.

Ein sehr geschickter und geschätzter Maschinist am Harze, der Herr Maschinendirector Friedrich zu Clausthal, hat eine Säulenmaschine modelliert, in welcher die Aufschlagewasser nicht nur den Kolben aufwärts treiben, sondern auch bey seinem Niedergange von oben her auf ihn einschlagen; wie die Dämpfe bey der doppelschlägigen Dampfmaschine. Auf diese Weise kann der Kolben bey seinem Niedergehen eben so wohl als bey seinem Aufsteigen ein Kunstgestänge anheben.

Ohne über diese sinnreiche Zurichtung, die ich bloß im ruhigen Modelle gesehen haben, aburtheilen zu wollen, muß ich doch folgendes in der Kürze darüber äußern.

Das Wesentliche der Einrichtung wird es mit sich bringen, daß sie bey aller in ihrer Ausführung bewiesenen Geschicklichkeit, für eine Bergmaschine unter Tage überhaupt zu künstlich ausfallen muß. Namentlich dürfte auch das luftdichte Schließen der Stoßstange und die oft erforderliche Schmierung des Kolbens, bey der Wassersäulenmaschine und bey ihrem Stande in der Grube, schwieriger zu besorgen seyn, als bey den Dampfmaschinen. Diese stehen über Tage, können also genau besichtigt, und reinlicher erhalten werden. Durch die Wasserdämpfe wird gewiß keine Unreinigkeit in den Stiefel gebracht, welches man dem Aufschlagewasser

bey

bey der Säulenmaschine nicht nachrühmen kann! In dem erhitzten Stiefel der Dampfmaschine, mag die Schmiere von selbst zufließen; u. s. w.

Ueberhaupt möchte ich anrathen, sich nur mit Erbauung solcher Wassersäulenmaschinen zu befassen, bey denen nur einfache Kolbenmaschinerien vorkommen, die unabhängig von einer zweyten wirken, und daher auch durch ihre Balanciers vortheilhaft können modificiert werden.

Ferner muß ich auch bey der doppelschlägigen Maschine, wie vorhin bey der dortigen zweystiefligen äussern, daß sich meines Erachtens von den Vortheilen, die man bey ihr beabsichtigen konnte, der eine so ziemlich, und der andre in einem noch höheren Grade, und beyde mit mehrerer Sicherheit des Ganzen, durch die einfacheren Zurichtungen werden erreichen lassen, die ich nunmehr in den folgenden Kapiteln den Kennern zur Beurtheilung vorlegen werde.

Sechs-

Sechszehntes Kapitel.

Vorschläge zur Verbesserung der Wassersäulenmaschine.

§. 269.

Die Hauptsache ist, daß ein Windkessel angebracht werde. In ihm muß das Wasser aus der Fallröhre sich einmünden, und aus ihm werden ein, zwey oder noch mehrere Grundröhren abgeleitet, jede mit einer Steuerung für den ihr zugehörigen Treibcylinder versehen.

§. 270.

Der eine von diesen Treibcylinder kann an Weite und Höhe eingerichtet seyn, wie er will; es bleibt uns dennoch völlig frey, auch die zweyten und dritten nach Belieben einzurichten. Diese Behauptung ist äußerst wichtig, und sehr einleuchtend. Denn die mehrern Treibcylinder sammt der ganzen Maschinerie eines jeden werden, ungeachtet ihres gemeinschaftlichen Windkessels, kaum eine weitere Abhängigkeit von einander haben, als daß sie in dem Aufschlagewasser, welches sämmtlich in den Windkessel fällt, von da aus freylich sich theilen müssen: daher man aus der Menge desselben berechnen muß, wieviel einem jeden von ihnen zukommen könne, daß sie sämmtlich genug haben, Falls sie sämmtlich arbeiten sollen.

§. 271.

Soll von einer irgend noch übrigen Abhängigkeit die Rede seyn; so besteht sie darin, daß für den vollkom-

kommensten Gebrauch des Windkessels allerdings ein Wechselspiel der mehrern Treibkolben zu wünschen ist; der eine steige, wenn der andere sinkt, Falls ihrer zwey vorhanden sind, u. s. w.

Indessen brauchen wir vor dieser Forderung nicht zu erschrecken. Oft wird sie sich befriedigen lassen, wenigstens dadurch, daß man die eine Steuerung von Zeit zu Zeit auf einige Secunden verzögert; und durch Hülfe der Balanciers würde es sich vielleicht dahin bringen lassen, daß diese Einwirkung des Kunstwärters nur nach beträchtlichen Zwischenzeiten nöthig wäre.

Gesetzt aber, daß man der Forderung nicht Genüge thun könne, so wird gleichwohl der Windkessel immer noch einen sehr beträchtlichen Nutzen leisten; besonders da ich in der Folge ein Mittel an die Hand geben werde, seine Luftblase nach Belieben vergrößern zu können. Wird diese groß genug gemacht, so schadet es nicht viel, wenn auch sein Wasser in beyde Treibcylinder zugleich sich ausmündet; die Beschleunigung in der Fallröhre wird dennoch keine große Abwechselung dadurch leiden. Daß übrigens die Luftblase, wenn sie Kraft genug hat, jeden Treibcylinder einzeln zu heben, auch für die gleichzeitige Hebung derselben Druck genug leistet; dieses ist ja aus den hydrostatischen Lehren von der gleichförmigen Verbreitung des Druckes bekannt. Wer diese Theorie nicht inne hat, dürfte freylich sehr daran zweifeln wollen.

§. 272.

Da man die Grundröhre eines jeden Treibcylinders nach Belieben verlängern und verkürzen, dabey auch seitwärts und niederwärts, selbst auch etwas aufwärts leiten kann, bis sie einen solchen Ort erreicht, wo der Treibcylinder in ihr eingemündet, dem Kunst-

gehänge hinreichend nahe steht: so liegt hiemit ein schönes Mittel vor Augen, vermittelst eines einzigen Fallwerkes, mehrere Kunstgehänge in beträchtlichen Entfernungen von ihm und dem Windkessel zu betreiben; ohne ein langes Geschleppe ꝛc. nöthig zu haben, welches weit mehr Kraftverlust verursachen würde, als die ziemlich unbeträchtlichen hydraulischen Bewegungshindernisse in einer eben so langen Grundröhre erfordern können.

§. 273.

Jeder Treibkolben soll bey seinem Steigen auch seine meisten Kunstsätze anheben; blos die etwanigen Wagesätze ausgenommen, deren ich nachher erwähnen werde.

Bisweilen wird es möglich seyn, die Kunststange unmittelbar an die Stoßstange anzutragen, also auf Fig. 2. die allereinfachste Weise die Kunstsätze von dem steigenden Treibkolben anheben zu lassen. Indessen wird dabey folgendes in Erwägung kommen:

1) Ob man sicher sey, dem Treibcylinder grade über dem Kunstgehänge die nöthige Unterstützung zu verschaffen! Man muß hiebey ja bedenken, daß der Treibcylinder nebst seiner Grundröhre, welche bis zum festen Gestein hin ebenfalls künstlich zu unterstützen ist, einen gewaltigen hydrostatischen Druck nach unten verursacht. Dieser Druck allein genommen ist $= A. a. \gamma$, wenn γ das specifische Gewicht des Wassers, a die Höhe des Fallwerks, und A den größten horizontalen Durchschnitt des Treibcylinders, und des Wasserlaufes in dem genannten Theile der Grundröhre angiebt.

2) Ob

2) Ob es schicklich und möglich sey, den Kolbenhub in den Kunstsätzen grade eben so hoch, als in dem Treibcylinder zu machen! Bey unsern hier gewöhnlichen Saugsätzen wird es nicht schicklich seyn, weil wir manche Ursache finden werden, dem Treibcylinder eine ziemliche Höhe zu geben; die Wartung der Kunstsätze aber, die Herausnahme ihrer Kolben zu neuer Liederung u. d., sehr unbequem fällt, wenn auch ihre Kolbenröhren etwas hoch gemacht werden. Ebenfalls bey unsern Saugsätzen wird es meistens so gut als unmöglich seyn; weil sie gar zu eng nicht vorgerichtet werden müssen, und das wenige Aufschlagewasser, was man für Säulenmaschinen meistens nur zu Gebote hat und haben will, einen weiten Treibcylinder gar zu langsam füllen würde. Gleichwohl müßte er sehr weit seyn, wenn er Kraft genug haben sollte, um mehrere unter einander gehängte Kunstsätze von ziemlicher Weite anzuheben.

3) Wenn das Kunstgehänge nicht völlig seiger ist, sondern seinem Schachte gemäß sich verflächen, d. h. von der vertikalen Lage abweichen, und der horizontalen sich mehr oder weniger nähern muß, wie es meistens der Fall seyn wird; so würde die erwünschte einfachste Einrichtung es nothwendig machen, auch dem Treibcylinder eine eben so geneigte Lage zu geben! Dabey müßte man in einiger Entfernung über dem Cylinder einen eisernen Leitring befestigen, in dessen Hölung die Stoßstange — in dieser Gegend mit Messing umschlagen — auf und niederschöbe, ohne aus der Axenlage des Cylinders weichen zu können. Ja, es würden sogar zwey dergleichen Ringe, der eine dicht über dem Cylinder, der andere je höher je besser, erforderlich seyn, wenn die starke Abnutzung des Kolbens an seiner liegenden Seite einigermaaßen sollte verhütet werden! Daher

wird man sich auf eine sogenannte Verflächung, auf eine schräge Stellung des Cylinders, schwerlich einlassen wollen.

§. 274.

Kurz, es wird fast allemahl dahin kommen, daß man jeden Treibcylinder in dem Liegenden des Kunstschachtes aufstellt, und vermittelst eines Zwischengeschirres die Schachtstange anheben läßt. In Fig. 7. wird das wesentlichste eines solchen Zwischengeschirres mit dargestellt.

Fig. 7.

Die Stoßstange ist gespalten, oder besteht überhaupt nach Fig. 6. aus zwey parallelen Stangen, zwischen welchen der Kranz BE des ersten Leitrades seinen Spielraum findet, und von der steigenden Stoßstange vermittelst der Laschenkette AB des ersten Leitrades, nach dem Sinne BE gedreht wird. Während dieser Drehung werden die beyden Laschenketten FH, von denen hier nur die vordere ins Auge fällt, auf den beyden kleinern Kränzen FG (der eine ist auf der vordern, der andere auf der hintern Seite des Rades) aufgewickelt, die über ein zweytes Leitrad ML bis zur Kunststange Q laufen, und diese anheben. Soll nun wegen No. 2. §. 272. der Hub in den Kunstsätzen nur $\frac{n}{m}$ des Hubes im Treibcylinder ausmachen, so hat man

Fig. 6. 7.

$$CF = \frac{n}{m} \cdot CB$$ zu nehmen.

(Ich habe hier vollständige Leiträder gezeichnet, ohne damit verlangen zu wollen, daß man sie eben so vollständig wirklich bauen solle. Man kann statt dessen ein halbes Kreuz u. d. mit Bogenstücken gebrauchen.)

§. 275.

§. 275.

Bey dieser Zurichtung wird es immerhin gerathen seyn, auch der Stoßstange einen eigenen kleinen Balancier zuzuordnen. Durch ihn wird nun freylich die Stoßstange schon so ziemlich vertikal erhalten werden; indessen wird es immerhin rathsam bleiben, diesen vertikalen Gang aufs genaueste durch Leitringe zu sichern.

(Giebt man dem untern Theile des Bogenstückes am Balancier die gehörige Länge, so wird er zugleich als Hebel sehr gut dienen, um bey erforderlicher Reparatur des Kolbens ihn herauszuziehen. Daher habe ich in Fig. 7. den untern Bogen des Krümmlings etwas größer als den obern gezeichnet.)

§. 276.

Ein zweiter größerer Balancier ist für die Kunststange anzubringen, um durch sein Gegengewicht ihrem beträchtlichen Uebergewichte bey ihrem Niedergehen entgegen zu wuchten, und bey ihrem Steigen sie mit anheben zu helfen. Davon abgesehen, daß man durch eine gehörige Lage der Schwerpunkte in dem Balancier einen vortheilhaften Gang der Maschine kann bewirken helfen; so ist übrigens jeder Balancier eine bloße Nothhülfe, und für das Kunstgestänge darum nöthig, weil es von Holz gemacht übermäßig schwer ausfällt. Könnte man dieses Uebermaaß vermeiden, so wäre man der Nothhülfe entübrigt; und für die Modificirung des Ganges würden weit kleinere Balanciers dann genügen.

Wie beträchtlich das Uebel der gar zu schweren Kunststangen sey, erhellet aus der Erfahrung, daß man die Wirkung der Kunstgezeuge durch angebrachte Balanciers gar sehr verbessert sieht, obgleich nicht nur

eine beträchtliche Nebenmasse dadurch an die Maschine gebracht wird, deren Friktion auf jeden Fall baaren Kraftverlust verursacht; sondern bey dem oft sehr zitternden und plötzlich rückenden Kolbengange der Kunstsätze ist es überdieß nicht zu erwarten, daß diejenige Kraft, welche zur Beschleunigung dieser Nebenmasse verbraucht wird, während ihrer Verzögerung dem Ganzen wieder sehr zu Gute komme!

§. 277.

Also wäre es der Mühe werth, auf solche Kunststangen zu denken, die bey gehöriger Festigkeit und Steifheit, ein geringeres Gewicht hätten, als die bis jetzt gewöhnlichen hölzernen! Nach einer ungefähren Ueberschlagung der Sache scheint mir einige Hoffnung zu bleiben, daß man durch eiserne Stangen diese Absicht erreichen könne. Allerdings aber müßte ihre Form etwas fein herausgesucht werden; und es ist bey alledem noch die Frage, ob am Ende nicht durch die größeren Kosten des Eisens und seiner etwas künstlichen Bearbeitung, der Vortheil des bessern Ganges allzu theuer erkauft werde!

§. 278.

Ueberdies giebt es noch ein anderes Mittel, die Nebenmasse des Balancier am Kunstgestänge entweder völlig zu vermeiden, oder doch sehr zu vermindern; und durch eben dieses Mittel wird zugleich die Brauchbarkeit der Säulenmaschine überhaupt noch erweitert werden.

Statt des Gewichtes am Hinterarme des Wagebaumes (Balancier) lasse man von diesem Arme, nachdem er ebenfalls mit Krümmling und Ketten versehen ist, von denen Sätzen, die es überhaupt zu heben giebt,

giebt, einige anheben, die ich in dieser Hinsicht Wagesätze nennen will. Weil dann die Kunststange der übrigen um so viel weniger Kolben zu heben hat, so wird sie etwas schwächer können gemacht werden. Freylich nicht im Verhältniß der ihr entnommenen Zahl der Sätze, aber doch ziemlich so viel, als das Gewicht der Kunststange für die wenigen Wagesätze nur zu betragen braucht, wenn man diese nur kurze Schachtstange aus vorzüglich gutem Holze, oder vielleicht aus Eisen verfertigt. Es versteht sich nehmlich von selbst, daß man zu den Wagesätzen grade die obersten wählt; wenn sie mit den übrigen eine einfache Satzleitung ausmachen sollen.

(Eine einfache Satzleitung hat man, wenn das Wasser längs der ganzen Teufe durch welche es gehoben wird, in jedem ihrer Puncte nur durch einen Satz in die Höhe geleitet wird. Zweyfach, dreyoder vierfach ist die Satzleitung, wo zwey, drey oder vier neben einander hängende Sätze, eine eben so vielfache Wasserleitung bilden. Ich finde keinen Ausdruck dafür vor, und denke durch den hier gewählten in keinen Verstoß mit der übrigen hieher gehörigen bergmännischen Sprache zu kommen.

Eine Kunststange kann zwey Satzleitungen mit einem Mahle anheben; da denn von ihren Sätzen zwey und zwey in gleicher Höhe zu hängen, aus einer gemeinschaftlichen Wassersohle anzusaugen, und in ein gemeinschaftliches Wasserkästel auszugießen pflegen. Will man aber mit eben dieser Kunststange nur eine einfache Satzleitung anheben, so pflegt man übers Kreuz anzuhängen, das heißt, wenn man von den beyden untersten Kunstsätzen den zur Rechten stehenden arbeiten läßt, so wird dagegen von den beyden nächsthöheren nur der zur Linken stehende wirklich angehängt; und so abwechselnd weiter fort. Die leer stehenden

werden dann Hülfssätze genannt; und wenn man auch ihre Kolbenstangen mit anhängt, so sagt man, daß bey dieser Kunststange doppelt angehängt ist. Von einer Kunststange, welcher auf diese Weise doppelt angehängt werden kann, werde ich sagen, daß sie ein doppeltes Satzgehänge hat.

Wenn zwey solche Kunststangen in dem Schachte niedergehen, welches in der Regel so geschehen wird, daß die eine niederschiebt, indem die andere anhebt, so setzt man 4 Satzleitungen in Arbeit, Falls an beyden Kunststangen doppelt angehängt ist. Nur 2 Satzleitungen sind im Gange, Falls an jeder Kunststange nur einfach angehängt ist. Und will man vermittelst beyder Kunststangen nur eine einfache Wasserleitung im Gange haben, so muß dann wechselseitig einfach angehängt werden: das heißt, nur an der einen Kunststange wird einer von den beyden untersten, nur an der andern Kunststange einer von den nächst höheren Sätzen wirklich angehängt, und so wechselsweise fort. Von jeder einzelnen Kunststange könnte man dann auch sagen, daß ihr halb einfach angehängt sey; und auch hiebey pflegt man ihr in der Regel übers Kreuz anzuhängen.

Alle hier gebrauchten Ausdrücke sind in der hier gewöhnlichen bergmännischen Sprache schon im Gebrauche, außer denen dreien: halb einfach angehängt, einfaches, zweyfaches Satzgehänge, und einfache zweyfache Satzleitung. Auch die Unterscheidung zwischen Satzgehänge und Satzleitung schien mir nöthig.)

§. 279.

Nicht leichte wird der Fall eintreten, daß man einen Treibcylinder weit genug machen wolle, um für eine irgend beträchtliche Teufe ein doppeltes Satzgehänge, oder

oder auch zwey einfache, die beyde in große Teufe schieben, durch ihn zu betreiben. Wohl aber könnte man, so lange der Bau noch keine große Teufe gewonnen hat, durch eben den Cylinder zwey Gehänge z. B. jedes von 4 Sätzen betreiben wollen, obgleich eben dieser Cylinder eigentlich die Absicht hat, in der Folge ein einziges Gehänge von etwa sieben Sätzen anzuheben.

Mag nun auf diese oder andere Weise der Wunsch entstehen, zwey Gehänge durch einen Cylinder zu betreiben; so wird er gleichwohl nur über dem einem Gehänge angebracht, welches er anhebt, wenn sein Kolben steigt. Mit der Kunststange dieses Gehänges wird das andere verkuppelt, und auf jenen ersten Arm der Kuppelschwinge so viel Gewicht gesetzt, als zu dem Gewichte der ersten Kunststange etwa hinzu kommen muß, um das zweyte Gehänge anzuheben.

§. 280.

Die **Wagesätze** werden überdies ein gutes Mittel abgeben, um eine **Satzleitung von vielen Sätzen** auch mit **wenigem Aufschlagewasser** betreiben zu können. Gesetzt, es reiche die Menge des Aufschlagewassers sammt seinem Gefälle nur hin, um 5 Sätze mit einemmahle zu heben, und man habe gleichwohl ihrer 7 nöthig, um das Tiefste zu erreichen; so werden die beyden obersten von diesen 7 Sätzen als Wagesätze können betrieben werden.

§. 281.

Aus mehrern Stellen dieses Kapitels erhellet es, daß die Wassersäulenmaschine durch ihren Windkessel eine ungemeine Anstelligkeit gewinnt und eben dahin wird auch noch folgender Vorschlag gehören.

Vermuthet man, daß man dereinst irgend einen Treibcylinder gegen einen weiteren zu vertauschen wünschen möchte, der bey mehrerer Absinkung der Grube eine längere Saßleitung zu heben vermöge; so richte man die ihm zugehörige Ausmündung des Windkessels so groß ein, daß auch eine weitere Grundröhre ihr könne aufgeschraubt werden. Die Sache hat gar keine Schwierigkeit; besonders da sich der Durchmesser nur von 1 bis auf 1,42 zu vergrößern braucht, um sogar einen doppelt so großen Flächeninhalt zu geben.

§. 282.

Die Kosten des Windkessels werden nicht beträchtlich seyn, da er nur etwa einen doppelt so großen Durchmesser als der Treibcylinder zu haben braucht, auch wenn nur ein Treibcylinder angebracht werden soll. Wird auf ihrer mehrere gerechnet, so dürfte die Weite des Windkessels auch in aller andern Hinsicht groß genug seyn, wenn sie einen hinreichenden Umfang hat, um die Fallröhre nebst den sämmtlichen Grundröhren gehörig in sich einmünden zu lassen. Alle diese Einmündungen müssen nehmlich um Contractionsverlust zu vermeiden, die schon oben (§. 253.) bestimmte konische Form erhalten.

§. 283.

Die Höhe des Windkessels werde ich im nächstfolgenden Kapitel mit berühren, wo ich sie aus einem neuen Gesichtspunkte betrachten, und durch ihre Veränderlichkeit eine Mithülfe gewinnen werde, um auch vermittelst des Windkessels der ganzen Maschine einen rathsamen Gang zu verschaffen.

Hier will ich nur noch die 10 verschiedenen Vortheile, welche ein gehöriger Windkessel leistet, nach ein-

einander aufführen, von denen nur der erste bey dem Herrn Rath Langsdorf schon berührt ist. (Auch Er hat schon einen Windkessel für diese Maschine bey seiner neuesten Behandlung derselben empfolen. Ohne dieses zu wissen, mußte ich sogleich von selbst darauf verfallen, da ich in meinem vormahligen Amte viel mit Brandspritzen zu thun gehabt, und dabey den Windkessel sehr in Vertheidigung genommen hatte.)

§. 284.

Weil das Wasser aus der Fallröhre bey einer gehörigen Größe des Windkessels ununterbrochen in denselben eintritt; so wird, die erste Anlassung der Maschine ausgenommen,

1) bey allen folgenden Kolbenspielen die Kraft erspart, welche ohne Windkessel zur jedesmaligen Beschleunigung des Fallwassers aufgewandt werden muß. Unsere obige Formel

$$nL = g\mathfrak{E}\frac{a-h-(\sigma+k+f)-l+b}{l+a}gtt,$$

(§. 165.) wird dadurch der Größe l in ihrem Divisor so gut als völlig entledigt: denn es ist ganz unbeträchtlich, was davon allenfalls übrig bleiben, und an ihrer Statt durch die jedesmahlige Beschleunigung des Wassers in der hinteren Grundröhre aufs neue eintreten kann.

Bedenken wir hiebey, wie es selbst schon aus der vorhin berechneten Maschine im 12ten Kapitel sich ergiebt, daß a, der übrige Theil des Divisors, gegen l nur klein ist; so sehen wir ein, daß nicht nur durch den Windkessel geradezu ziemlich viel Kraftverminderung für den Kolbenhub erspart wird, sondern daß

2) nun-

2) nunmehr auch die kleinen Ersparungen, die man durch sorgfältigere Zurichtung des festen Maschinenmaterials gewinnen kann, einen beträchtlichen Einfluß auf die grössere Wirksamkeit der Maschine erhalten werden, den sie nicht haben würden, so lange neben a auch das weit größere l einen divisorischen Theil für die Hubhöhe L ausmacht. Dieses ist denn doch ein sehr bedeutender Wink für die Verbesserung der Maschine, den man lediglich der höheren Theorie vermittelst der dynamischen Gleichungen zu verdanken hat.

3) Eine dritte Krafterſparung wird der Windkessel durch seinen Einfluß auf die Größe $\sigma + f + k$ bewirken. Ohne Windkessel hat sie in ihrer Function das Quadrat $\mathfrak{C}'\mathfrak{C}$ zum Factor, also so gut als $\tau\tau$ zum Divisor. Bey angebrachtem Windkessel aber ist der Divisor $(\tau + \vartheta)^2$, also um ein beträchtliches größer!

Dagegen dürfte man anführen, daß in der Ausmündung des Windkessels eine neue örtliche Geschwindigkeitsvermehrung vorkommt. Indessen wird sie wenig Kraft erfordern, da man ihren Contractionsverlust so gut als völlig vermeiden kann. In der That wird bey vorgerichtetem Windkessel die ganze Größe $\sigma + f + k$, wegen ihres nunmehrigen Divisors $(\tau + \vartheta)^2$ so unbeträchtlich ausfallen, daß man

4) der Fallröhre keinesweges eine beträchtliche Weite zu geben braucht, sondern sie ziemlich enge machen kann. Hie und da finde ich sogar behauptet, daß man eigentlich die Fallröhre eben so weit, als den Treibcylinder machen solle! Im 18ten Kapitel werde ich einen Entwurf berechnen, wobey das Fallwerk 8mahl enger als der Treibcylinder angenommen, und dennoch $\sigma + f + k$ nur unbeträchtlich ist.

Bey

Bey einem hohen Fallwerke ist es nun von einem beträchtlichen Ausschlage für die Kosten der ganzen Maschine, ob jenes enger oder weiter ausgefertigt werden muß. Nebenher gesagt, wird es uns auch ganz lieb seyn, eine nicht so gar mächtige Wassersäule in dem Schachte zu haben, Falls wir etwa befürchten, daß bey einer plötzlichen Beschädigung derselben, ehe man abschützen kann, eine beträchtliche Wassermenge in den Schacht fallen könnte.

5) Bey einem Windkessel und einem gut eingerichteten Fallwerke wird die ganze Widerstandshöhe $\sigma + f + k$ so unbeträchtlich ausfallen, daß man selbst auch ihre Vergrößerung auf $\frac{7.7}{6.6}(\sigma + f + k)$ gar nicht zu fürchten hätte, welche eintreten würde, wenn von den Aufschlagewassern, die der Cylinder bey strenger Liederung nur annimmt, ein Sechstel neben seinem Kolben entwischen sollte. Daher wird man, Falls zu gewissen Zeiten überflüssiges Aufschlagewasser vorhanden ist, dann die Kolbenliederung in einem sehr abgenutzten Zustande lassen können, und dadurch nicht nur manche neue Liederung ersparen, sondern auch weniger Kolbenfriction haben. Bey einem hohen Gefälle a wird am Kolben leicht jenes Sechstel entwischen können, ohne daß deshalb der Querschnitt des Kolbens um ein merkliches verringert zu seyn brauchte. Folglich wird der verminderten Friction wegen ein schnelleres Kolbenspiel eintreten können. Ein Umstand der um so willkommener seyn würde, weil gerade zu solchen Zeiten gewöhnlich auch mehrere Grubenwasser auf den Gezeugsstrecken zufließen.

6) Namentlich aus No. 5), 3) und 1) folgt auch, daß eine Maschine, die einen Windkessel hat, einer leichteren und genaueren Berechnung, als eine andere fähig ist.

7) Ein

7) Ein siebenter Vortheil des Windkessels folgt aus dem hydraulisch-statischen Satze, daß fließendes Wasser nicht so stark als ruhendes auf die Röhrwand drückt. Damit will ich keinesweges anrathen, die Fallröhren nur so stark zu machen, daß sie bloß dem durchfließenden Wasser den nöthigen Widerstand leisten könnten. Aber wenn man sie stark genug macht, um der ruhenden Wassersäule zu widerstehen; so kann man sicher seyn, daß sie auch bey dem Gange der Maschine hinreichend seyn werden. Dieses würde bey einer Maschine ohne Windkessel nicht der Fall seyn, weil da das Wasser in der ganzen Fallröhre bey jedem Abschlusse der Steuerung plötzlich gehemmt, und dabey besonders auch vermittelst der hinzukommenden Erschütterung, ein stärkerer Seitendruck, als bey der ruhigen Säule verursacht wird.

(Die Versicherung, daß man den Druck der ruhenden Wassersäule zur Norm nehmen könne, wird uns veranlassen, bey Erbauung neuer Einfallsröhren an dünnen Versuchsstücken zu beobachten, in welcher Teufe sie noch haltbar bleiben. Und träte nicht der üble Umstand ein, daß das Eisen immer schlechter und schlechter — vielleicht wegen ersparter Feuerung bey seinem Aufbereiten — zu werden scheint; so wollte ich wohl vorher sagen, daß man nach und nach nur sehr dünne Röhren, bey guten Säulenmaschinen, vorzurichten für nöthig halten würde.)

8) Der Windkessel macht es sehr bequem, für einerley Fallwerk mehrere Treibcylinder vorzurichten; und

9) bey der neuen Einrichtung des Windkessels nach dem folgenden Kapitel, wird man bald einen, bald zwey oder noch mehrere von diesen Cylindern mit ihrem Kunstgestänge können anheben lassen; daher hie-

hiedurch die Aufgabe gelöst ist, vermittelst eines einzigen Fallwerkes, bald die Wasser nur zu Sumpfe zu halten, bald aber zu gewältigen.

10) Endlich wird auch der Windkessel das Seinige beytragen, um einen eben so sehr bezweifelten Wunsch zu befriedigen, daß man einen Theil der Wassersäule von Zeit zu Zeit auch auf ein Kehrrad schlagen könne.

Siebzehntes Kapitel.

Eine neue Einrichtung des Windkessels.

§. 285.

Es ist sehr leicht, aus der bestimmten Zeitdauer und Menge des Ein- und Ausflusses für den Windkessel die Raumgröße zu finden, welche er halten muß, daß die Elasticität seiner Luft ziemlich einerley bleibe, und eben deshalb die Geschwindigkeit in seinem Ausflusse ziemlich constant ausfalle. Dieses letztere macht den Zweck des Windkessels bey den Brandspritzen aus, weil bey ihnen ungemein viel darauf ankommt, daß ihr Strahl immerfort bis auf einerley Weite und Höhe getrieben werde.

§. 286.

Auf eine ähnliche Weise würde man auch für eine Wassersäulenmaschine ziemlich leicht zu berechnen wissen, wie groß man den Windkessel zu machen habe, daß die Geschwindigkeit des Einflusses, also auch des Wassers in der gesammten Fallröhre, nur sehr kleine Abänderungen leide, und für ganz beständig gelten könne. Indessen dürfte es hier nicht allemahl gerathen seyn, diese Beständigkeit in einem sehr hohen Grade zu bewerkstelligen.

§. 287.

Gesetzt nähmlich, daß die Maschine, Falls die Elasticität der Luft im Windkessel, also auch der Druck auf den Treibkolben, in so fern er durch sie bestimmt wird, unverändert bliebe, in eine sehr anhaltende Beschleu-

schleunigung geriethe, oder doch gegen Ende des Hubes nicht gehörig verzögert würde; so würde die noch übrige Geschwindigkeit am Ende des Hubes auf einen unnützen und sogar schädlichen Stoß sich verwenden.

§. 288.

Obgleich bey gut eingerichteten Säulenmaschinen der Treibcylinder um ein ziemliches höher als bey den Sächsischen ausfallen, und daher durch die stärker anwachsende Wasserhöhe in ihm eine größere Kraftverminderung entstehen muß; so wird doch die Lastverminderung in den vielen ausgießenden Kolbenhüben der Kunstsätze, weit beträchtlicher, und daher allerdings gegen Ende des Hubes eine unschicklich große Geschwindigkeit zu befürchten seyn. Bey den Sächsischen Maschinen konnte die Kraftcosinuirung an der Schwinge einige Verzögerung am Ende der Kolbenbewegung bewirken. Aber diese Cosinuirung ist baarer Kraftverlust! Außer ihr war nun das einzige noch übrige Mittel zur Verzögerung bisher in dem Balancier zu suchen. Ich habe oben schon erinnert, daß man durch eine absichtliche Einrichtung desselben den Gang der Maschine wird modificiren können. Indessen wird es allemahl sehr erwünscht, und bisweilen sogar nothwendig seyn, daß man mehrere Hülfen für eine so wichtige Sache zur Hand habe.

§. 289.

Wenn gegen das Ende der Kolbensteigung die Elasticität in der Luftblase des Windkessels merklich vermindert wird, so wird dadurch das Steigen des Kolbens verzögert; das ist sehr einleuchtend!

Aber gesetzt auch, daß man für einen schon bestimmten Zustand der Maschine im voraus es genau genug

berechnen könnte, wie klein der Windkessel in dieser Hinsicht zu nehmen sey: so soll ja, nach unserm obigen Vorschlage, der einzige Windkessel bald für einen, bald für mehrere Treibcylinder sein Wasser hergeben; und so wird die Größe des Kessels für diese verschiedene Benutzung verschieden seyn müssen!

Daher nun die Frage nach einer Zurichtung des Windkessels, wobey man ihn im gehörigen Maaße für dieses Bedürfniß abändern könne!

§. 290.

Ich denke, es giebt nur ein schickliches Mittel, diese Aufgabe zu lösen; die auf den ersten Anblick etwas schwierig scheinen kann.

Fig. 8. In dem obern Raume seiner Luftblase sey eine kupferne Wanne FEB dergestalt eingelegt, daß neben dem drey- bis viermal, wie bey F und B, aufliegenden Wulste der Wanne, die Luft ganz ungehindert auf- und abwärts sich bewegen kann.

In der Decke des Kessels sey bey N ein kleines Loch, nur so groß, daß man vermittelst eines dünnen und hohen Trichters Wasser hindurch gießen kann, um die Wanne mehr oder weniger damit anzufüllen; so wird durch diese Anfüllung der Raum für die Luftblase verkleinert.

Will man ihn wiederum vergrößert wissen; so kann man vermittelst eines dünnen und langen hydraulischen Hebers die Wanne wiederum ausleeren, so viel es nöthig scheint. Um sogleich ein verlangtes Maaß dabey zu treffen, mag man schon bey Anfüllung der Wanne sich aufgezeichnet haben, wie viel ihr Wasservorrath mit der steigenden Wasserhöhe in

ihr

ihr anwächst, die man an einem hineingesteckten Stöckchen abmessen kann.

Das Loch braucht zu allem diesen Behufe nur etwa einen Viertelzoll im Durchmesser zu haben: daher es leicht seyn wird, es durch ein Schraubewerk luftdicht wieder zu verschließen; gesetzt auch daß es eine etwas andere Einrichtung erhalten müßte, als es in der Kürze hier gezeichnet ist. Um aber über seine völligste Verschließung gewiß zu werden, so mag es mit einer cylindrischen Wand OP umgeben werden. Wenn man diese mit Wasser füllt; so ist man sicher, daß sich jedes Durchpressen der Luft durch Luftblasen anzeigen würde. (Die Wand OP muß man wegnehmen können, um das Schraubenwerk ungehindert zu behandeln.)

§. 291.

Durch dieses einfache Mittel hat man es nun in seiner Gewalt, die Größe der Luftblase in dem Windkessel nach Belieben zu ändern. Man läßt ihn so weit und so hoch machen, daß er ohne Wasser in der Wanne geräumig genug ist, um die Luft in einer fast unveränderlichen Elasticität zu erhalten, auch wenn der stärkste Wasserausfluß in mehrere Treibcylinder Statt findet. Soll die Maschine für einen geringeren Ausfluß vorgerichtet werden; so wird man schon deshalb Wasser in die Wanne gießen, weil man sonst überflüssig hohes Wasser in den Windkessel hätte, welches doch einigen, obgleich sehr geringen hydraulischen Kraftverlust verursacht. Aber man wird nun auch bisweilen so viel Wasser in die Wanne bringen, daß die Elasticität gegen das Ende des Kolbenhubes verringert, und dadurch seine Bewegung verzögert werde. Denn diese Verzögerung kann bisweilen weit mehr Kraft ersparen, als dadurch verloren gehen wird,

daß nun der Zufluß in den Windkessel mit jedem neuen Kolbenspiele etwas neue Beschleunigung erhalten muß.

§. 292.

Diese Anwendung des Windkessels zur Verzögerung des Kolbenlaufes wird nun auch noch eine neue Benutzung und Empfelung desselben ausmachen. Allerdings kann durch ihn bloß eine Verzögerung gegen Ende des jedesmahligen Ausflusses bewirkt werden. Aber hat man diese Verzögerung auf diese Weise bewirkt, so kann man das übrige Mittel, die Lage des Schwerpunctes in der Ueberwucht des Balancier, nunmehr desto besser benutzen, um durch sie gerade nur für den Anfang der Kolbensteigung den erwünschten Grad der Beschleunigung zu erhalten.

§. 293.

Der Windkessel wird nun wegen der Wanne etwas höher seyn müssen als es sonst nur nöthig wäre. Indessen werden die Kosten dadurch sehr wenig vermehrt werden. Es ist bekannt, daß eine größere Höhe desselben nicht, sondern nur seine größere Weite eine Vermehrung seiner Metallstärke erfordert.

Nachricht.

§. 294.

Allerdings würde es ganz hieher gehören, von der so oft erwähnten Einrichtung des Balancier, wodurch der Gang der Maschine modificiert werden soll, und überhaupt von der vortheilhaftesten Einrichtung eines Balancier umständlich zu handeln.

Ferner

Ferner sind mir durch Betrachtung der wählbaren Dimensionen des Fallwerkes einige merkwürdige und artige Regeln entstanden, nach welchen es bisweilen sogar nothwendig ist, die Fallröhre in ihrem unteren Theile zu verengern. Die Nothwendigkeit wird aber nicht ofte vorfallen. Ich will hier in Absicht der Fallröhren nur auf das Beyspiel des folgenden Kapitels aufmerksam machen. Es erhellet dort, daß die Fallröhre in Vergleichung mit dem Treibcylinder ziemlich eng seyn kann, und gleichwohl der Kraftaufwand, welchen ihre Bewegungshinderniße erfordern, nur sehr unbeträchtlich ist, wenn man die Maschine mit einem Windkessel versieht. Dieses zu wissen, ist von großem Einflusse auf die Verminderung der Kosten. Man hat dagegen sonst schon geäußert, daß die beste Einrichtung der Säulenmaschine im Fall- und Grundwerke eine Weite verlange, die der Weite des Treibcylinders gleich komme!

Ueberhaupt vermuthe ich durch nähere Betrachtung wirklicher Maschinen dieser Art, noch auf manche feinere Regeln und Verbesserungen geleitet zu werden, die ich zu seiner Zeit als einen Nachtrag zu diesem Werkchen liefern werde. Diese Aussicht mag mich über den Umstand beruhigen, daß ich gegenwärtig abbrechen muß. Nur die folgenden Kapitel werde ich noch hinzufügen müssen. Der erste flüchtige Entwurf dazu war schon vor meiner Krankheit aufgesetzt. Ich will ihn gegenwärtig druckfertig machen, so weit es ohne viele Anstrengung geschehen kann, die ich nach der Warnung des Arztes noch auf einige Wochen zu vermeiden habe.

Achtzehntes Kapitel.

Entwurf einer Wassersäulenmaschine, die um die Hälfte vortheilhafter, als unsre besten oberschlägigen Kunsträder, an den hiesigen Kunstgezeugen wirken kann.

§. 295.

Fig. 7. Die drehenden Bewegungen der Maschine in ihren Balanciers und in ihrem Zwischengeschirre zur Anhebung der Kunststange, sollen nicht durch Wellzapfen (wie in der Hauptschwinge Fig. 1.), sondern durch Krümmlinge und Laschenketten (wie bey den Ungarischen Maschinen) bewirkt werden; so wird in den Gleichungen des 11ten Kapitels die Winkelfunction $\mathfrak{E}$ so nahe an $= 1$ kommen, daß wir sie selbst, und auch ihr $\mathfrak{E}\mathfrak{E}$ allenthalben weglassen können. Da ferner bey einer gehörigen Weite $\cdot W$ des Sammelkastens das Glied $\frac{W}{\cdot W} \cdot L$ in der Gleichung §. 162 sehr unbeträchtlich wird, und bey einem gut eingerichteten Grundwerke, dessen $''W = 'W$ seyn muß, das Glied $\frac{W}{''W} ''L$ zugleich im Gliede $\frac{W}{'W} 'L$ mit angerechnet werden kann; so werden wir aus §. 162 und 163 zusammengenommen die Gleichung

$$s = g \frac{a - h - (o' + f + k) - l + b}{L + \frac{W}{'W} 'L + a} \cdot \frac{\tau\tau}{nn}$$

erhal-

erhalten, die wir in der Kürze auch

$$s = g \frac{p}{1+a} \cdot \frac{\tau\tau}{nn}$$ schreiben.

§. 296.

Sie gehört für den aufsteigenden Treibkolben, unter der

Voraussetzung 1), daß seine Beschleunigung für constant gelten könne, und $\frac{\tau}{n}$ Secunden hindurch dauern solle.

Die Geschwindigkeit, welche der Kolben am Ende dieses $\frac{\tau}{n}$ erreicht hat, durch c benannt, haben wir

$$c = 2g. \frac{p}{1+a} \cdot \frac{\tau}{n},$$ und mit dieser Geschwindigkeit wird während der von der halben Hubzeit noch übrigen

$$\frac{\tau}{2} - \frac{\tau}{n} = \frac{n-2}{2n} \cdot \tau$$ Secunden,

die Länge $c. \frac{n-2}{2n} \cdot \tau = g \frac{p}{1+a} (n-2). \frac{\tau\tau}{nn}$

vom Kolben durchstiegen, wenn wir

2) annehmen, daß während dieser übrigen Halbzeit des Hubes seine Bewegung gleichförmig sey. Nehmen wir

3) zur bequemen vorläufigen Berechnung wiederum an, daß während der ersten Halbzeit des Kolbenhubes auch die halbe Hublänge $= \frac{1}{2}L$ von ihm durchlaufen werde, so haben wir

$$g\frac{p}{1+a}\cdot\frac{\tau\tau}{nn}+g\frac{p}{1+a}(n-2).\frac{\tau\tau}{nn}\cdot=\tfrac{1}{2}L$$

$$\text{d. i. } g\frac{p}{1+a}\cdot\frac{n-1}{nn}\cdot\tau\tau=\tfrac{1}{2}L.$$

Da wir einen vertical gestellten Treibcylinder fordern wollen, so brauchen wir zwischen seiner Hublänge L und seiner Hubhöhe fernerhin nicht zu unterscheiden.

§. 297.

Nach unsern Bemerkungen in §. 200 und 203, wird es bisweilen freylich vortheilhafter seyn, den Gang der Maschine etwas anders, als nach diesen 3 Voraussetzungen wirklich einzurichten. So ergab sich für die Maschine im 12ten Kapitel, daß für sie es rathsamer gewesen wäre, in der ersten Halbzeit des Schubes den Kolben schon um etwas mehr als die halbe Hublänge niedergehen zu lassen; und bey anders eingerichteten Maschinen kann es anders zu machen seyn. Indessen ist es nicht nur nöthig, bey der ersten vorläufigen Berechnung der Maschine sich an eine leichte mittlere Formel zu halten; sondern es wird uns überdies auch die Aussicht willkommen seyn, durch jene nach und nach einzurichtenden feineren Modificierungen des Maschinenganges, die wir vermittelst unsers Windkessels und der Balanciers in unserer Gewalt haben werden, die **Wirkung der Maschine noch über die vorläufige Rechnung erheben zu können.**

§. 298.

Aus der letzten Gleichung folgt

$$p=\tfrac{1}{2}L.\frac{nn}{n-1}\cdot\frac{1+a}{g.\tau\tau}$$

d. i.

d. i. $a - h - (\sigma + f + k) - l + b = \frac{1}{2} L. \frac{nn}{n-1} \cdot \frac{1+a}{g\tau\tau}$

also $l - b = a - h - (\sigma + f + k) - \frac{1}{2} L. \frac{nn}{n-1} \cdot \frac{1+a}{g\tau\tau}$.

§. 299.

Das Gefälle a des Aufschlagewassers soll gegeben werden, und der Sammelkasten wird weit genug gemacht, daß a auch während dem Steigen des Treibkolbens, selbst bey einer Maschine ohne Windkessel, eine sehr constante Größe bleibt. Hat man einen Windkessel, so bleibt sie so gut als völlig constant.

Für h muß ebenfalls wegen der Voraussetzung 1) eine constante Größe ausgemittelt werden, die unter den anwachsenden Wasserhöhen im Treibcylinder eine gehörige mittlere Größe ausmacht; die aber eben deshalb von der Wahl des n nicht nur, sondern auch von der übrigen Bewegungsart des Kolbens abhängt, und daher erst späterhin kann bestimmt werden.

§. 300.

Die Widerstandshöhe $\sigma + f + k$ wird selbst bey einer Maschine ohne Windkessel hinreichend genau geschätzt, wenn wir sie als eine Function von 'C behandeln, indem 'C auch hier, wie im 12ten Kapitel, die mittlere Geschwindigkeit in dem Fallwerke bedeutet. Erhält die Maschine einen Windkessel, so wird diese ganze Widerstandsgröße so äußerst geringe, daß man auch für den Fall, da der obere Theil der Einfallsröhre aus andern Gründen (§. 295.) etwas weiter als der untere zu machen wäre, es dennoch kaum der Mühe werth halten wird, eine geringere mittlere Ge-

schwindigkeit als die 'C des untern Theiles, überhaupt anzurechnen. Nach §. 255 wird eben dieses 'C auch die mittlere Geschwindigkeit im ganzen Grundwerke seyn, und nun

$$\sigma + f + k = \frac{'C\,'C}{4g} + 0{,}03\,\frac{'L}{'D}\cdot\frac{'C\,'C}{4g} + 2\,\frac{'C\,'C}{4g}$$

d. i. $\sigma + f + k = \left(3 + 0{,}03\cdot\frac{'L}{'D}\right)\frac{'C\,'C}{4g}$ höchstens ausmachen.

Denn bey der Einmündung der Fallröhre läßt aller Contractionsverlust, in der ganzen Fallröhre und dem Grundwerke aber auch aller namenswerthe Geschwindigkeitswechsel sich vermeiden (§. 255.); daher für die Einmündung wenig über $\sigma = \frac{'C\,'C}{4g}$ erfordert wird.

Für $f = 0{,}03\cdot\frac{'L}{'D}$ bedeutet 'L die Länge des ganzen Wasserlaufes im Fall- und Grundwerke, und 'D seinen Durchmesser in Fußen, der auch im Grundwerke unzertheilt bleiben soll (§. 256.).

Die Krümmungen und Biegungen lassen sich so einrichten, daß sie aufs höchste nur ein $k = 2\,\frac{'C\,'C}{4g}$ erfordern mögen. (§. 251.).

§. 301.

Indem nun W den Querschnitt des Treibcylinders bedeutet, sey 'W der Querschnitt des Wasserlaufes im Fall- und Grundwerke längs 'L, und = C die mitt-

mittlere Geschwindigkeit im steigenden Treibkolben, also $\mathfrak{C} = \frac{L}{\tau}$; so ist nun

$$'\mathfrak{C} = \frac{W}{'W}\,\mathfrak{C} = \frac{W}{'W} \cdot \frac{L}{\tau},$$ wenn die Maschine keinen Windkessel hat, und daher in diesem Falle

$$\sigma + f + k = \left(3 + 0{,}03\,\frac{'L}{'D}\right) \cdot \frac{W^2}{'W^2} \cdot \frac{L^2}{\tau\tau} \cdot \frac{1}{4g}.$$

§. 302.

Hat sie dagegen einen gehörig großen Windkessel, so wird sehr nahe

$$'\mathfrak{C} = \frac{W}{'W} \cdot \frac{L}{\tau + \vartheta}$$ nur seyn, indem der Treibkolben während ϑ Secunden niedergeht. In dieser Hinsicht würde also nur

$$\sigma + f + k = \left(3 + 0{,}03\,\frac{'L}{'D}\right) \cdot \frac{W^2}{'W^2} \cdot \frac{L^2}{(\tau+\vartheta)^2} \cdot \frac{1}{4g}$$

bleiben.

Dagegen wird nun freylich dem Wasser im Windkessel bey jeder Kolbensteigung einige Geschwindigkeitsvermehrung beyzubringen seyn. Aber da der Wasserstrom, welcher ununterbrochen in den Windkessel einfließt, ungefähr die Hälfte von der Geschwindigkeit im Ausflusse schon an sich hat, und dieser Strom in dem Augenblicke, da der Ausfluß anfängt, auch dahin sich leiten wird: so werden wir wegen der im Ausflusse des Windkessels noch nöthigen Geschwindigkeitsvermehrung (bey welcher der Contractionsverlust durch die conische Form der Ausmündung (§. 153.) in hohen Grade kann vermieden werden,) ein übriges thun, wenn wir

wir statt der 3 in unsrer letzten Gleichung eine 4 schreiben, also

$$\sigma + f + k = \left(4 + 0{,}03 \cdot \frac{L}{D}\right) \cdot \frac{W^2}{'W^2} \cdot \frac{L^2}{(\tau + \vartheta)^2} \cdot \frac{1}{4g}$$

annehmen.

§. 303.

Es ist nun von der Gleichung in §. 199 noch das letzte Glied übrig, wofür wir zuvörderst die Größe $1 + a$ bestimmen wollen. Ihre Bedeutung ist, daß $l.W\gamma$ das Gewicht der sämmtlichen flüssigen, und $a.W\gamma$ das Gewicht der sämmtlichen festen Massen angeben soll, nachdem von diesen Massen alle diejenigen, welche schneller oder langsamer als der Treibkolben selbst bewegt werden, auf die Geschwindigkeit dieses Kolbens reduciert sind. Selbst bey einer Maschine ohne Windkessel wird, wenn die Maschine einigermaßen gut gebaut ist, das ganze vorgenommene letzte Glied, als die zur Beschleunigung dieser Massen nöthige Krafthöhe, nicht so beträchtlich ausfallen, daß es der Mühe werth wäre, die Reducierung der Trägheitsmomente anders als nach ihren mittlern Geschwindigkeiten zu berechnen: gesetzt auch, daß dadurch in den Geschwindigkeitsverhältnissen, auf die es bey Reducierung der Trägheitsmomente nur ankommt, etwas verändert würde; welches überdies nicht einmahl Statt findet.

§. 304.

Hat nun die Maschine keinen Windkessel, so haben wir folgende

Beschleunigungsmassen

Die Masse des Steuerungsgeschirres könnte als unbeträchtlich geradezu beseitigt werden. Indessen

wollen

wollen wir zum reichlichen Ersatz dafür, und zugleich der bequemen Rechnung wegen, bey der hieher gehörigen Rechnung nicht darauf achten, daß das Aufschlagewasser um ein ziemliches leichter, als das Hubwasser in den Kunstsätzen zu seyn pflegt: sondern auch für das specifische Gewicht des erstern wollen wir $\gamma = 50$ lb anrechnen.

Wird nun ferner angenommen, daß wie nach Fig. 2, der Kolbenhub in den Kunstsätzen mit dem Kolbenhube im Treibcylinder einerley Länge L habe; so wird die auf C reducirte gleichgültige Beschleunigungsmasse aus folgenden Theilen bestehen:

1) des Wasserprismatis $'L'W$ Gewicht ist $= 'L'W\gamma$, sein Trägheitsmoment also $= 'L'W\gamma . 'C'C$, und daher

$$L'W\gamma . \frac{'C'C}{CC} = 'L'W\gamma . \frac{W^2}{'W^2} = 'L \frac{W}{'W} \cdot W\gamma$$

die Masse, welche im Treibkolben angebracht, jener Wassermasse im Fall- und Grundwerke, für die beschleunigende Kraft am steigenden Treibkolben gleichgültig seyn würde.

2) Das Gewicht des Treibkolbens und seiner Stoßstange heisse $= H = h\, W\gamma$;

3) Der Balancier des Treibkolbens gebe die gleichgültige Masse $'H = 'h\, W\gamma$;

4) Der Balancier der Kunststange gebe die gleichgültige Masse $''H = ''h\, W\gamma$.

5) Die Anzahl der Kunstsätze sey $= m$, und $= W$ Quadratfuß die Weite eines jeden, oder doch die mittlere Weite aus allen, Falls sie von verschiedner Weite sind. Am Anfange des Kolbenhubes steht

über

über jedem Satzkolben eine Wassersäule deren Länge = L sammt einer Länge von noch einigen Zollen ist, weil auch bey dem höchsten Kolbenstande einige Zoll hoch Wasser über ihm im Satze stehen bleiben. Aber dieser so genannte beständige Wasserstand über den Kolben, wird auf unsre gegenwärtige Absicht einen so unbeträchtlichen Einfluß haben, daß wir ihn beseitigen können.

Also ist am Anfange des Anhebens in den m Kunstsätzen oberhalb ihren Kolben zu beschleunigen die Wassermasse = m. L. Wγ.

(Die Wassermasse unterhalb der Satzkolben wird nicht von der beschleunigenden Kraft am Treibkolben, sondern von dem Atmosphärendrucke in Bewegung gesetzt. §. 95.)

6) Das Schachtgestänge wiege = S ℔. Im 12ten Kapitel war ungefähr S = 1950 ℔ bey dem dortigen m. W = 5. 0,61 = 3 Quadratfuß. Zu schwach an Holz war dieses Gestänge gewiß nicht gemacht, daher wir in dieser Hinsicht ganz sicher gehen, wenn wir aus diesem Beyspiele eine Regel abzuleiten suchen. Dazu ist eine Abhängigkeit zwischen S und m W nöthig, wofür wir gar wohl annehmen dürfen, daß S dem m W proportional sey.

Demnach wird für jeden Quadratfuß jener m W = 3, von jenem S = 1950 der Theil $\frac{1950}{3}$ = 650 gehören, also überhaupt

S = m W. 650 ℔ seyn.

Bey unserm angenommenen γ = 50 ℔ werde nun noch λγ = 650 ℔ gesetzt; so ist λ = $\frac{650}{50}$ = 13 Fuß; also überhaupt

S = m W. 13. γ ℔.

(Dieses

(Dieses wird nun in der That, für die ungefähre Gewichtsbestimmung des Schachtgestänges einen recht anstelligen Ausdruck abgeben; der auch bey jeder vorläufigen Ueberrechnung eines Kunstgezeuges durchaus hinreichend seyn wird: wenn man noch aus mehrern und sorgfältig ausgearbeiteten Schachtgestängen wird bestimmt haben, ob nicht etwa, wie ich es vermuthe, statt der 13 eine etwas kleinere Zahl zu setzen sey.

Dann aber wird auch die Formel, selbst bey einer sehr genauen Berechnung, zur Bestimmung des Trägheitsmomentes allemahl hinreichend zuververlässig seyn: und nur da, wo die statische Wirkung und Gegenwirkung des Schachtgestänges, oder auch seine bewegende Kraft, bey seiner Anhebung und seinem Niederschieben in Rechnung kommt, dürfte man sein Gewicht dem jedesmahligen einzelen Falle gemäß noch genauer zu bestimmen haben. Bey den ersten noch zu erbauenden Maschinen wird die genauere Bestimmung erst Statt finden, nachdem die Maschinen — ihrer vorläufigen Berechnung gemäß — wirklich schon erbaut sind. Gleichwohl wird sie immer noch von großem Nutzen seyn, weil die oft erwähnten feineren Modificierungen des vortheilhaftesten Maschinenganges erst nach und nach auszumitteln und anzubringen seyn werden.)

§. 305.

Daher nun

$$(1+a).W\gamma = (\text{'L}\frac{W}{\text{'W}} + \text{ɧ} + \text{'ɧ} + \text{''ɧ}).W\gamma + m.(L+13).W\gamma\,\text{ɦ}$$

$$\text{also } 1+a = \text{'L}\frac{W}{\text{'W}} + \text{ɧ} + \text{'ɧ} + \text{''ɧ} + m(L+13).\frac{W}{W}$$

Fuß,

wenn

wenn die Maschine keinen Windkessel, und auch jeder ihrer Kunstsätze einen mit dem Treibcylinder gleich langen und gleich hohen Hub = L hat.

(Ich kann nähmlich für die hier zu entwerfende Maschine annehmen, daß auch ihre Kunstsätze so gut als völlig seiger hängen. Wenn dieses nicht der Fall wäre, so würde freylich das eben genannte L, bey den Kunstsätzen bloß für die Länge ihres Hubes gelten können, auch statt S nur dessen relatives Gewicht, der jedesmahligen Donlege gemäß aufzuführen, und die Friction zwischen der Schachtstange und ihren Leitrollen hinzuzufügen seyn, in allen denen Rechnungsstellen, wo man zwischen Höhe und Länge des Hubes zu unterscheiden hat: wohin indessen die gegenwärtige Berechnung des Trägheitsmomentes nicht gehört.)

§. 306.

Aber so lange wir, — obgleich Druckwerke hier mechanisch vortheilhafter seyn möchten —, auch unter den Säulenmaschinen Saugsätze einhängen wollen; so werden wir, wo der großen Teufe wegen das Satzgehänge aus 4 oder noch mehreren Sätzen bestehen
Fig. muß, meistentheils ein Zwischengeschirr mit ver-
7. kürztem Lastarme nöthig haben, um eine aus anderweitigen Gründen ziemlich große Hubhöhe L des Treibcylinders, auf eine für die Saugsätze schickliche kleinere Hubhöhe q. L zurück zu bringen.

Es scheint wohl, daß man nicht leichte veranlaßt seyn wird, dieses q um ein merkliches größer als $\frac{3}{4}$ oder kleiner als $\frac{2}{3}$ anzunehmen. Das heißt, wenn am Zwischengeschirre der lange, vom Treibcylinder angegriffene Arm CB = 5 Fuß ist, so würde etwa höchstens = $\frac{3}{4}$. 5 Fuß, oder wenigstens = $\frac{2}{3}$. 5 Fuß,

der

der kürzere Arm C F zu machen seyn, von welchem das Kunstgestänge angehoben wird.

§. 307.

Dergleichen Zwischengeschirr wird nun in den vorhin behandelten Größen der gleichgültigen Massen die Abänderung verursachen, daß wir die drey letzteren noch durch qq zu multipliciren, auch noch ein neues Glied, das wir durch 'h' $W\gamma$ bezeichnen wollen, für die gleichgültige Masse des Zwischengeschirres aufzuführen haben; also nun erhalten

$$l + a = {}'L\frac{W}{'W} + h + 'h + 'h' + qq\,"h +$$

$$qq.(L+13).\frac{W}{'W}\text{ Fuß.}$$

Da es es indessen überhaupt bey einer ziemlich gut eingerichteten Wassersäulenmaschine, und besonders bey einer vorläufigen Berechnung derselben nicht nöthig ist, die Beschleunigungsmassen so gar genau zu bestimmen, auch die Größe qq von $\frac{9}{10}$ oder $\frac{4}{9}$ nicht sehr verschieden ausfallen wird, so dürfen wir gar wohl $qq = \frac{1}{2}$ ansetzen.

§. 308.

Nunmehr haben wir für die Gleichung in §. 298, schon folgenden Ausdruck

$$l - b = a - h - \left(3 + 0{,}03\,\frac{'L}{'D}\right)\cdot\frac{W}{'W}\cdot\frac{W}{'W}\cdot\frac{LL}{\tau\tau}\cdot\frac{1}{4g}$$

$$-\frac{nn}{2n-2}\cdot\frac{L}{g\tau\tau}\cdot\left['L\frac{W}{'W} + h + 'h + 'h' + \right.$$

$$\left.\frac{1}{2}\,"h + \frac{1}{2}m(L+13)\cdot\frac{W}{'W}\right]$$

wenn

wenn die Maschine ohne Windkessel, ein Zwischengeschirr mit verkürztem Lastarme hat.

§. 309.

Wird ihr aber, wie wir es von nun an durchaus voraussetzen, ein gehöriger Windkessel zugeordnet; so sind wir der beträchtlichsten unter den Beschleunigungsmassen, welche das L. $\frac{W}{W}$ in die Gleichung bringt, so gut als gänzlich entledigt. Denn es ist des Berechnens nicht werth, was bey einem Windkessel von gehörig großer Luftblase, dennoch mit jedem Hube des Treibkolbens, zu einiger Beschleunigung des Wassers im Fall- und Grundwerke, an Kraft verbraucht werden möchte; den ersten Anhub der Maschine bey Seite gesetzt.

Bey jedem folgenden Hube hat bloß das Wasser im Windkessel und dem übrigen Grundwerke hinter dem Windkessel einer volleren Beschleunigung nöthig. Aber selbst auch das hierdurch entstehende Trägheitsmoment wird nur bey einer sehr langen hinteren Verbindungsröhre groß genug ausfallen, um es für das letzte Glied unsrer Gleichung berechnen zu müssen.

Für das vorletzte Glied wird durch den Windkessel die beträchtliche Verminderung gewonnen, daß wir $\tau + \vartheta$ statt τ in ihm zu schreiben haben; und es macht dagegen nur wenig Vermehrung aus, daß wir statt seiner ersten 3 eine 4 ansetzen; beydes nach §. 302.

Durch den Vortrag einiger Mathematiker bey andern hydraulischen Maschinen, dürfte mancher Anfänger sich veranlaßt halten, die Höhe des Wasserstandes im

im Windkessel, welche 'h heissen mag, als eine Kraftverminderung — 'h neben dem — h in unserer Gleichung mit aufführen zu wollen! Aber, obgleich die Elasticität in der Luftblase, dieses 'h wegen allerdings nur der Druckhöhe a — 'h zugehört; so ist ja doch schon aus der Hydrostatik bekannt, daß der Druck gegen die Ausmündung wiederum dem a — 'h + 'h eben so gut als gegen die Einmündung zugehört, unter der sehr natürlichen Voraussetzung, daß man die Ausmündungsöffnung nicht höher als die Einmündungsöffnung anlegen wird.

§. 310.

Demnach haben wir

$$1 + b = a - h - \left(4 + 0{,}03 \cdot \frac{'L}{D}\right) \cdot \frac{WW}{'W'W} \cdot \frac{LL}{(\tau + \vartheta)^2} \cdot \frac{1}{4g} - \frac{nn}{2n-2} \cdot \frac{L}{g\tau\tau} \cdot \left[h + 'h + 'h' + \tfrac{1}{2}h'' + \tfrac{1}{2}m\,(L + 13) \cdot \frac{\mathfrak{W}}{W}\right]$$

wenn die Maschine einen Windkessel und ein Zwischengeschirr mit verkürztem Lastarme hat.

Fällt bloß die Verkürzung weg, so hat man die beyden Factoren $\frac{1}{2}$ wegzustreichen. Ist aber gar kein Zwischengeschirr vorhanden, so kommt auch die Größe 'h' gar nicht vor.

§. 311.

Sollte die hintere Verbindungsröhre von beträchtlicher Länge "L vorgerichtet werden, so würde ihretwegen in der letzten großen Parenthese noch ein

neues Glied $"L. \frac{W}{"W}$ vor h, und überdies noch in der rechten Seite der Gleichung ein neues Glied

$$-0{,}03. \frac{"L}{"D} \cdot \frac{W'^2}{"W^2} \cdot \frac{"L^2}{\tau^2}$$ aufzuführen seyn.

Oder sollte statt dessen das Zwischengeschirr ein beträchtliches Geschleppe erhalten; so würde 'h' sehr vergrössert werden.

Eins von beyden wird man ergreifen müssen, wo das Bedürfniß vorhanden ist, in einer beträchtlichen Entfernung von der Einfallsröhre ein Kunstgehänge anzuheben. Das erste, die Verlängerung des Röhrwerkes (hinter dem Windkessel), welches dann gleichsam ein flüssiges Geschleppe ausmacht, wird weit weniger Kraftverlust, als ein gewöhnliches festes Geschleppe verursachen. Denn bey diesem letzteren würde in der Folge, wo wir die Friction der festen Massen bey der Berechnung des l mit in Anschlag bringen, auch für die Friction des Geschleppes ein ziemliches anzurechnen seyn. Sind ferner bey dem Geschleppe Wendetocken nöthig, so läßt es sich bey ihnen bisweilen nicht gut vermeiden, daß nicht die Kräfte an ihnen einen beträchtlichen Cosinualverlust leiden; der weit mehr Kraftaufwand als einige, statt der Wendetocken erforderliche Krümmungen in dem flüssigen Geschleppe verursachen wird.

Nach der Meinung theoretischer und praktischer Mechaniker würde auch schon bey den halben Kreuzen ein ziemlicher Kraftverlust entstehen, weil durch sie, und überhaupt durch jeden Theil des Zwischengeschirres, der Hub verkürzt wird, und deshalb der anhebende Lastarm zu verlängern ist, also das statische Moment der Last vermehrt wird. Aber dieser Meinung

setze ich die Betrachtung entgegen, daß des längern Armes ungeachtet, das mechanische Moment der Last, eben der Hubverkürzung wegen nicht vermehrt wird. In den Augenblicken, da wegen Schlotterung oder irgend einer Dehnung des Zwischengeschirres, die Hubverkürzung vor sich geht, in diesen Augenblicken, sage ich, wird ja der bewegenden Kraft kein Widerstand von den eigentlich lastenden Theilen entgegengesetzt; daher sich jene Kraft auf mehrere Beschleunigung der übrigen Theile verwendet. Diese schon erworbene Bewegung der übrigen Theile kann nun, bey guter Einrichtung des Ganzen, nachher als aufgesparte Kraft mit benutzt werden, so daß am Ende, wegen der Hubverkürzung auch in einem beträchtlichen Zwischengeschirre, nur wenig Kraftverlust übrig bleibt. Durch diese Betrachtung finde ich mich berechtigt, in der Folge gar keinen Kraftverlust wegen der Hubverkürzung an meinem Zwischengeschirre ohne langes Geschleppe und ohne Wendetocken, in Rechnung zu bringen, obgleich der Lastarm deshalb um ein weniges zu verlängern seyn möchte.

§. 312.

Das Bedürfniß eines langen Geschleppes kommt nähmlich bey der hier zu entwerfenden Maschine nicht vor. Unter diesem Beding bleibt nun auch die Gleichung in §. 310 unverändert, und so sehen wir es ihrem letzten Gliede sogleich an, daß wir einen sehr geschwinden Kolbenhub verlangen könnten, ohne deshalb eine beträchtliche Kraft zur Beschleunigung nöthig zu haben.

§. 313.

Aber da wir Saugsätze, und ein Satzgehänge von einer beträchtlichen Teufe voraussetzen, so giebt es

andere Gründe, die uns auf eine sehr mäßige Geschwindigkeit des Kolbenhubes, und dabey auf einen nicht so gar langen, sondern etwas weiten Treibcylinder, (obgleich weniger weiten und weniger kurzen, als in den bisherigen hiesigen Maschinen) zurückbringen werden; um ohne ein unschicklich großes Verhältniß zwischen dem kurzen und langen Arme des Zwischengeschirres, eine nur geringe Hubhöhe in den Kunstsätzen, und zugleich Kraft genug zur Anhebung dieser Sätze zu erhalten, die doch ohne Unbequemlichkeit weder gar zu enge noch gar zu hohe Kolbenröhren haben dürfen.

Ich finde mich hierin um so mehr eingeschränkt, da ich es mir zur Regel machen will, in den Abmessungen dieser Kunstsätze wenigstens nicht viel von denen abzuweichen, die hier bey uns gewöhnlich, und zum Theil schon deshalb auch bequem geworden sind.

§. 314.

Ferner wird man aus §. 294 sich erinnern, daß ich mich für diesmahl nicht darauf einlasse, die vortheilhafteste Einrichtung des Ganzen methodisch aufzufinden; sondern ich will nur nach allgemein geahndeten und überschlagenen Schicklichkeiten wählen, und zwar für den angenommenen Fall, daß

von der im 12ten Kapitel berechneten Maschine, die ganze Fallröhre unverändert beybehalten werde, also die seigere Höhe des Fallwerkes $a = 133{,}3$ Fuß, die Länge der Fallröhre $L = 142$ Fuß sey, und ihr Durchmesser $D = 3{,}166$ Zoll bleibe.

§. 315.

Vom Fallwerke an aber soll die Maschine vortheilhafter eingerichtet werden, um ein beträchtliches mehr

als

als 3,3 Kubikfuß Hubwasser in der Minute auf die bestimmte Höhe von 162 Fuß zu heben, bey eben so vielem Aufschlagewasser, als die ehemalige Maschine würde nöthig gehabt haben, um bey scharf geliedertem Treibkolben, die eben angeführte Wirkung wirklich leisten zu können.

Man wird sich nähmlich aus §. 44. ꝛc. erinnern, daß bey der ehemaligen Beobachtung der Maschine ihre Hubwasser nicht unmittelbar gemessen, sondern nur berechnet, und unter der Behauptung eines vollen Hubes, auf jene 3,3 Kubikfuß berechnet waren.

Schon in §. 51 fanden wir uns veranlaßt, dieses Hubwasser um sein Fünftel oder Sechstel herabzusetzen, wodurch der Wirkungsgrad der Maschine auf $= 0{,}41$ oder $= 0{,}44$ herab kam. Bedenkt man, daß wir bey Berechnung dieses Wirkungsgrades, das Wasser welches der Treibkolben entwischen ließ, nicht mit in Anschlag brachten, bey strenger Liederung desselben aber mehrere Friction entstanden seyn würde; so wird wohl eben dieser Wirkungsgrad auch den Resultaten des 12ten Kapitels sehr gemäß erscheinen.

Durch die dortige Berechnung ergaben sich beträchtliche Zweifel gegen die versicherte Vollhübigkeit; und diese Zweifel werden sich jetzt noch erhöhen, wenn wir einen in §. 193 vorgefallenen Irrthum berichtigen, wo es 6,84 statt 6,34 hätte heißen sollen.

Da die Maschine, als sie beobachtet wurde, nur $2\frac{1}{7}$ Kolbenspiele in der Minute machte, so hätte sie nur 7,859 Kubikfuß Aufschlagewasser in der Minute an sich nehmen können, Falls sie am Treib- und Steurungskolben nichts hätte entwischen lassen. Die Beobachter schätzten aber, daß sie $\frac{1}{7}$ bis $\frac{1}{6}$ des sämmtlichen wirklich an sich genommenen Wassers entwischen ließ.

Das wäre nun $\frac{1}{6}$ bis $\frac{1}{5}$ von den 7,859 Kubikfuß, die sie ohne Entwischung nur aufnehmen konnte: daher sie nach dieser Schätzung etwa 8,86 bis 9,43 Kubikfuß in der Minute wirklich verbraucht hätte.

Weil hauptsächlich der Treibkolben das Wasser entwischen ließ; so konnte er nur eine geringe Friction verursachen: daher wir ihre Widerstandshöhe statt 6,4 Fuß nur auf 4 Fuß angesetzt haben. (§. 208.).

Dagegen wurde in §. 193, die Widerstandshöhe $\sigma + f + k = 6{,}34$ nur berechnet, und wegen der Wasserentwischung nur $\frac{4}{3}\frac{0}{6}$. 6,34 = 8,63 Fuß; indem ich wegen jener mir ungewiß scheinenden Schätzung des entwischten Wassers, nur von ihrer niedrigsten Angabe Gebrauch machen wollte.

Da nun die Differenz 8,63 — 6,34 noch nicht einmahl völlig so groß, als die Differenz 6,4 — 4 ist; so erhellet, daß die Wasserentwischung, in dem 12ten Kapitel der Maschine eher zu einigen Vortheile, als zu einigen Nachtheile angerechnet ist: und gleichwohl
Fig. 1. schien es der Maschine an etwa 73 ℔ Kraft in T zu fehlen, um alle Sätze wirklich voll anzuheben! (§. 244.).

Nehmen wir nun noch dazu, daß es in dem §. 193. eigentlich $\sigma + f + k = 6{,}84$ hätte heissen sollen, also jener Wasserentwischung wegen diese Widerstandshöhe auf = $\frac{4}{3}\frac{9}{6}$. 6,84 = 9,31 Fuß angewachsen wäre; so würde es der Maschine an etwa $73 + 0{,}66 . W\gamma . \frac{6{,}16}{5}$ = 73 + 43 = 113 ℔ Kraft in T gefehlt haben, um die Sätze voll anzuheben!

§. 316.

Nach allen diesen wahrscheinlich ziemlich richtigen Sätzen gehörig gerechnet, ergiebt sich nun, daß wir

sehr

sehr mäßig verfahren, wenn wir die Aufschlagewasser jener Maschine auf = 9 Kubikfuß in der Minute anschlagen, wo ihr Wirkungsgrad mit der neuen Maschine soll verglichen werden, die ihre Kunstsätze voll anzuheben, ausgemacht Kraft genug haben soll. Diese Anschlagung behauptet nähmlich, daß jene ehemahlige Maschine, um die ihr zugeschriebene Wirkung wirklich leisten zu können, einen etwas weiteren Treibcylinder hätte haben müssen, so daß er bey $2\frac{1}{7}$ Kolbenspielen und bey scharf geliedertem Kolben, in der Minute 9 Kubikfuß Wasser erfordert hätte.

§. 317.

Durch dieses gegebne Aufschlagewasser wird uns nun bey dem Entwurfe der neuen Maschine zwischen ihrem W und L und der Zeit ihres Kolbenspieles, ein Verhalten bestimmt, welches durch folgende Gleichung gefaßt wird.

Sey τ Secunden die Zeit des Kolbenhubes, und $\vartheta = \mu\tau$ die Zeit seines Niederganges, auch M Kubikfuß die Menge des Aufschlagewassers in einer Secunde, so hat man

$$M(\vartheta + \tau) = LW, \text{ also } M.(\mu + 1).\tau = LW.$$

Durch die Balanciers kann man es dahin bringen, das μ um ein schickliches kleiner als 1 sey; und man übersieht sehr leicht, daß es rathsam und nützlich ist, dafür wirklich zu sorgen. Indem wir uns vorbehalten hinterher nach Schicklichkeit zu correctiren, können wir gar wohl $\mu = \frac{2}{3}$ vorläufig ansetzen; welches

$$M.\tfrac{5}{3}.\tau = LW \text{ giebt.}$$

Nun ist $M = \frac{2}{60} = \frac{3}{20}$ Kubikfuß gegeben; und aus den obigen Gründen (§. 314.) wage ich nicht, L viel grösser als 5 Fuß, und W noch kleiner als 9zollig in seinem Durchmesser D zu verlangen.

Setzen wir wirklich L = 5 Fuß und $W = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{3}{4}$ = 0,44178 Quadratfuß, oder für die Rechnung dieses Hen die etwas rundere Zahl W = 0,444 Fuß, nach welcher also etwas weniges Wasser am Kolben entwischen könnte; so haben wir

$$\frac{3}{20} \cdot \frac{5}{3} \cdot \tau = 5 \cdot 0{,}444, \text{ das ist } \frac{\tau}{4} = 2{,}22$$

also τ = 8,88 Secunden, und $\vartheta = \frac{2}{3}\tau$ = 5,92 Secunden.

Das ganze Kolbenspiel dauert also 14,8 Secunden. Bequemer für die Rechnung, und zugleich auch besser für die Maschine, in Hinsicht ihrer Saugwerke, wollen wir diese Zeit des Kolbenspieles so vertheilen, daß

τ = 9 Secunden, und ϑ = 5,8 Secunden seyn soll.

§. 318.

Nach ungefährem Ueberschlage dürfen wir in den Kunstsätzen die Kolbenröhren etwa 8zollig, d. i. $W = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3}$ = 0,349 Quadratfuß machen, indem ihrer 5 einander zuheben sollen, also m = 5 angenommen wird.

Die Kraft, welche zur Beschleunigung der sämmtlichen Massen erfordert wird, und ein Product aus $W\gamma$ und dem letzten Gliede der Gleichung in §. 311 ist, wollen wir hier so groß verlangen, als sie es seyn müßte, um unter den drey Voraussetzungen in §. 295 und 296, die Beschleunigung schon in dem ersten Viertel der ganzen Hubzeit vollenden zu können; daß wir also n = 4 setzen.

§. 319.

§. 319.

Nunmehr werden wir die Glieder in der rechten Gleichungsseite des §. 311, sämmtlich bestimmen können.

Das erste Glied ist gegeben, a = 133,3 Fuß.

Das zweyte Glied h würde für n = 4 nur $= \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{3} L = \frac{5}{18}$ Fuß etwa ausmachen, daher wir es hinreichend ansetzen mit h = 0,3 Fuß.

Im dritten Gliede ist 'L = 142 + 18 = 160 Fuß, wenn wir zu der gegebnen Länge der Fallröhre noch 18 Fuß, wegen des Grundwerkes hinzufügen. Ferner ist gegeben 'D = 3,166 Zoll = 0,264 Fuß, der Durchmesser des 'W. Auch ist des W Durchmesser bereits = 9 Zoll angenommen; daher nun das dritte Glied

$$= \left(4 + 0{,}03 \cdot \frac{160}{0{,}264}\right) \cdot \frac{9^4}{3{,}166^4} \cdot \frac{5 \cdot 5}{14{,}8^2} \cdot \frac{1}{69{,}5}$$

= 2,37 Fuß sich ergiebt.

Bey der Maschine des 12ten Kapitels würde dagegen, wenn sie 9 Kubikfuß Aufschlagewasser ebenfalls ohne Wasserentwischung hätte annehmen sollen, dieses dritte Glied $= 6{,}84 \cdot \left(\frac{9}{7{,}859}\right)^2 = 8{,}97$ Fuß, selbst bey ihrem so äußerst langsamen Kolbenspiele betragen haben. Das heißt, von dem ganzen Gefälle a = 133,3 Fuß, würden bloß zur Besiegung der hydraulischen Bewegungshindernisse im Fall- und Grundwerke, an 9 Fuß verbraucht seyn; bey der neu entworfenen Maschine nur etwa 2,4 Fuß! Eine gar beträchtliche Krafterspärung, die wir 1) der bessern Einrichtung des Fall- und Grundwerkes, 2) dem engeren Treibcylinder, und 3) auch dem Windkessel zu verdanken haben; indem diese 3 Veränderungen eine Verminde-

minderung des ersten, zweyten und dritten Factors verursachen. Um diese Krafterſparung gehörig zu würdigen, muß man noch bedenken, daß bey der neuen Maſchine das Kolbenſpiel nur 14,8 Secunden dauern ſoll, und bey der alten dagegen 28 Secunden hinnahm!

Für das letzte vierte Glied ſind bereits, da $m = 5$, $L = 5$ Fuß und des W Durchmeſſer $= 8$ Zoll angenommen iſt, alle Größen außer den vier h beſtimmt.

Zur Beſtimmung des erſten von ihnen, des ungeſtrichenen h, wollen wir annehmen, daß $h W\gamma$, das Gewicht des Treibkolbens ſammt ſeiner Stoßſtange und ihren Ketten, $= 600$ ℔ betrage; ſo iſt

$$h = \frac{600}{W\gamma} = \frac{600}{0{,}441.50} = \frac{60}{2{,}105} = 28 \text{ Fuß.}$$

Das ganze vierte Glied wird ſo unbeträchtlich ausfallen, daß auch für $'h$ nnd $'h'$ nur eine ganz ungefähre Schätzung nöthig iſt; und ſo wollen wir auch $('h + 'h')$. $W\gamma$, das Gewicht für die gleichgültige Maſſe des kleinen Balancier am Kolben und des ſämmtlichen Zwiſchengeſchirres, ebenfalls $= 600$ ℔ anſetzen. Endlich mag eben ſo ungefähr auch $''h W\gamma$, wegen des großen Balancier am Schachtgeſtänge, $= 1800$ ℔ ſeyn; ſo haben wir

$'h + 'h' = 28$ Fuß, und $\frac{1}{2}\,''h = 28.\frac{3}{2} = 42$ Fuß.

Ferner iſt $\frac{1}{2} m (L + 13).\frac{W}{W} = \frac{1}{2}.5.18.\frac{8.8}{9.9}$

$= 35$ Fuß, alſo

$$\text{das vierte Glied} = \frac{4.4}{6} \cdot \frac{5}{17{,}377.9.9} \cdot [28 + 28 + 42 + 35] = 1{,}3 \text{ Fuß.}$$

§. 320.

§. 320.

Also die Gleichung in §. 311,

$l - b = 133{,}3 - 0{,}3 - 2{,}4 - 1{,}3 = 129{,}3$ Fuß.

Das heißt, indem b. Wγ die Hülfe bedeutet, welche dem steigenden Treibkolben von den beyden Balanciers zukommen soll, so kann die Lastung und der Widerstand seiner selbst, und aller durch ihn zu bewegenden Maschinentheile,

noch $l.\,W\gamma = (129{,}3 + b).\,W\gamma\,Hb$ betragen, während des ersten $\frac{1}{4}\tau$ seiner Hubzeit; und die vorhandene Kraft im Windkessel wird dabey nicht nur die nöthige Kraft $(0{,}3 + 2{,}4).\,W\gamma\,Hb$, auf den hydrostatischen und hydraulischen Widerstand im Wasser bis zum Kolben hin, sondern auch noch die erforderlichen $1{,}3.\,W\gamma\,Hb$ Kraft übrig behalten, um die ganze Maschine während des ersten $\frac{1}{4}\tau$ der Hubzeit so stark zu beschleunigen, daß der Treibkolben am Ende dieser Beschleunigungszeit eine Geschwindigkeit erreicht hat, deren bloße Fortsetzung während des nächsten zweyten $\frac{1}{4}\tau$ hinreichend ist, um während desselben mit gleichförmiger Bewegung zu durchlaufen, was ihm von der halben Hubhöhe noch zu durchlaufen übrig war.

Wenn wir uns diese gleichförmige Bewegung auch noch während des dritten $\frac{1}{4}\tau$ fortgesetzt, im letzten $\frac{1}{4}\tau$ aber eine verzögerte Bewegung denken, die nach und nach bis auf $= o$ abnimmt, und ohne alle plötzliche Rückung mit völliger Steetigkeit dahin abnimmt; so wird nun so gut als alle zur Beschleunigung vorhin verwandte Kraft, während dieser Verzögerung dem gesammten Kraftvorrathe wiederum zu Gute kommen: das heißt, die für den Maschinengang erforderliche Kraft, wird während dieser verzögerten Bewegung, im Durchschnitte um $1{,}3.\,W\gamma\,Hb$ geringer als wäh-

rend

rend der gleichförmigen Bewegung im zweyten und dritten $\frac{1}{4}\tau$ seyn können.

§. 321.

Mag indessen etwas davon verloren gehen, und nur 1. $W\gamma$ ℔ wirklich wieder gewonnen werden; so würden wir doch in dieser Hinsicht schon berechtigt seyn, während des ersten $\frac{1}{4}\tau$ des Kolbenhubes ein

$$l = 133{,}3 - 0{,}3 - 2{,}4 - 1{,}3 + 1 + b = 130{,}3 \text{ Fuß},$$

zu gestatten; indem wir dem Gegenwichte des einen oder des andern Balancier eine solche Lage geben, daß seine Hülfe während der Beschleunigungszeit um 1. $W\gamma$ mehr, als in der Mitte der gleichförmigen Bewegung betragen, und nachher noch um 1. $W\gamma$ sich nach und nach vermindern kann.

§. 322.

Einen noch grösseren Gewinn wird uns die Betrachtung des Maschinenzustandes während ihrer gleichförmigen Bewegung während des zweyten und dritten $\frac{1}{4}\tau$ gewähren.

Während der Beschleunigung im ersten $\frac{1}{4}\tau$ wird die Wasserhöhe im Treibcylinder bis auf $\frac{1}{6}L = \frac{5}{6}$ Fuß angewachsen seyn. Denn vermittelst der Geschwindigkeitsleiter in Fig. 9. erhellet sehr anschaulich, daß nach unserer Bewegung des Treibkolbens, im ersten und letzten $\frac{1}{4}\tau$ zusammen 2. $\frac{1}{6}L$, im zweyten und dritten $\frac{1}{4}\tau$ aber mit gleichförmiger Bewegung zusammen 2. $\frac{2}{6}L$ von ihm durchstiegen wird.

Fig. 9.

Indem nun während dieser gleichförmigen Bewegung die widerstehende Wasserhöhe im Treibcylinder

von

von $\frac{5}{6}$ Fuß bis auf $\frac{20}{6}$ Fuß anwächst, so ist $= \frac{5}{6} + \frac{10}{6}$ $= \frac{15}{6}$ Fuß die mittlere Höhe ihres Widerstandes während der gleichförmigen Bewegung; die Widerstandsvermehrung während dieser Zeit also der Höhe $= \frac{15}{6} - 0{,}3 = 2{,}5 - 0{,}3 = 2{,}2$ Fuß gemäß; daher während dieser Zeit die Kraft der Maschine in mittlerer Größe um $2{,}2 . W\gamma = 2{,}2 . 0{,}4417 . 50 = 0{,}97 . 50$ ℔ größer, als während ihrer Beschleunigungszeit seyn müßte.

Aber während eben dieser Zeit wird wegen der 5 ausgießenden Kunstsätze eine ebenfalls wachsende Widerstandsverminderung eintreten, deren mittlere Grösse für die Kraft am Schachtgestänge selbst, $= 9 . 5 . 2{,}2 . W\gamma$ ist, also auf die Kraft am Treibkolben reduciert, nur noch $qq . 5 . 2{,}2 . W\gamma$, das ist,

$= \frac{1}{2} . 5 . 2{,}2 . 0{,}349 . 50 = 1{,}921 . 50$ ℔ ausmacht.

Die Widerstandsvermehrung $= 0{,}97 . 50$ ℔ davon abgezogen

läßt noch $0{,}95 . 50 = 47{,}5$ ℔

als die mittlere Größe der Widerstandsverminderung übrig, die uns während der gleichförmigen Bewegung zu Gute kommt.

Während der verzögerten Bewegung im letzten $\frac{1}{4}\tau$ wird noch eine ähnliche Widerstandsverminderung, wenigstens $= \frac{1}{6} . 47{,}5 = 8$ ℔ hinzukommen; welches überhaupt also über 55 ℔ wären.

§. 323.

Die Betrachtung, daß bey dieser Maschine, mit steigendem Treibkolben eine wachsende Widerstandsverminderung statt findet, wird uns veranlassen,

lassen, ihre Kolbensteigung so einzurichten, daß die untere Halblänge des Hubes in kürzerer Zeit, als die obere durchlaufen werde. Dadurch werden wir statt jener 55 Hb, ich denke, wenigstens über 66 Hb erhalten können. Dieses wäre = 3,3. Wγ; und so wären wir berechtigt

$$l = 133{,}3 - 0{,}3 - 2{,}4 - 1{,}3 + 4{,}3 + b$$
$$= 133{,}6 + b$$

Fuß anzusetzen:

wenn wir die Lage des Gegengewichtes in dem einen oder dem andern Balancier so einrichten, daß seine Hülfe zur Anhebung des Treibkolbens, bey dem Anfange des Hubes, im ersten $\frac{1}{4}\tau$ desselben, um 4,3. Wγ Hb größer ist als in der Mitte der Hubzeit, und im letzten $\frac{1}{4}\tau$ noch um 4,3. Wγ sich nach und nach vermindert.

§. 324.

Hiemit behaupten wir, daß die Bewegungshindernisse im Wasserlaufe bis zum Kolben hin, etwa (0,3 + 2,4) Wγ Hb Kraft auf sich ziehen, auch überdies zur Beschleunigung der ganzen Maschine noch 1,3. Wγ Hb Kraft erfordert werde, und gleichwohl ihr Widerstand l. Wγ während dieser Beschleunigung noch um (0,3 + b). Wγ Hb größer soll seyn dürfen, als die ganze für die Maschine vorhandene Kraft = 133,3. Wγ Hb es ist!

Diese Behauptung müßte sehr seltsam und widersinnig scheinen, wenn man nicht die obigen Schlüsse vor Augen hätte, wodurch wir dazu berechtigt sind. Aus ihnen wird der Sinn dieser Behauptung einleuchten, und namentlich aus der Erinnerung, daß wir bloß die Lage des Schwerpunctes in dem einen oder dem andern Balancier dahin einrichten wollen, daß sein Gegengewicht zur Hülfe der Kolbensteigung am Anfange derselben beträchtlicher als gegen das Ende der-

derselben mitwirke, indem ja mit dem Fortgange der Kolbensteigung eine beträchtliche Lastverminderung eintritt.

Durch gutes Glück mag dergleichen vortheilhafte Kraftmodificierung bey mancher anderweitigen Maschine, vielleicht auch bey einigen von den bisherigen Wassersäulenmaschinen schon eingetreten seyn: aus ihren Gründen aber ist sie meines Wissens noch nirgends deutlich erkannt und absichtlich versucht worden.

Um für jetzt in ihrer Anrechnung mäßig zu verfahren, will ich nur annehmen, daß wir wenigstens

$$1 = 133{,}3 - 0{,}3 - 2{,}4 - 1{,}3 + 2{,}7 + b = 132 + b$$

werden ansetzen dürfen.

§. 325.

Dabey müssen wir nun, noch einmahl gesagt, bedenken, daß ich die bisher benutzte Hülfe des Balancier, lediglich von der Lage seines Gegengewichtes hergenommen habe. Lediglich der Lage des Schwerpunctes in seinem Gegengewichte will ich es abgewonnen wissen, daß seine Mithülfe am Anfange der Kolbensteigung größer, als am Ende derselben seyn soll, auch das Mehr und das Weniger als seine mittlere Hülfe zusammengenommen, $= 0$ ausmacht.

Eben deshalb haben wir nunmehr noch von derjenigen Hülfe der Balanciers beym steigenden Kolben zu reden übrig, die wir $=$ b. $W\gamma$ benannt haben, und die wir aus dem Umstande gewinnen werden, daß das Schachtgestänge und der Treibkolben nebst seiner Stoßstange weit mehr Gewicht haben, als ihnen nöthig ist, um den ganzen Niedergang der sämmtlichen Kolben und aller damit verbundenen übrigen Maschinenbewegung zu bewirken. Dieses Uebergewicht

während des Niederganges, kann nun an die Balanciers durch gehörige Vergrößerung ihrer Gegengewichte dergestalt übertragen werden, daß sie beym Aufsteigen der Kolben die durch b Wγ benannte Mithülfe leisten.

§. 326.

Um zu erfahren, wie groß wir b etwa machen können, müssen wir zuvörderst wissen, wie groß das l an unsrer Maschine ungefähr seyn werde. Daraus wird sich schon abnehmen lassen, ob q beträchtlich kleiner als 1 seyn muß; also bey unsern Saugsätzen auch aus diesem Grunde ein verkürzter Lastarm nothwendig wird. In jedem Falle aber werden wir ferner, vermittelst der ungefähren Größe des l und seiner nach §. 324 bestimmten Größe, auf eine ungefähre Gleichung zwischen q und b schließen müssen. Wenn alsdann auch b durch q bestimmt wird; so ergiebt sich der Verkürzungsexponent q. Er macht die einzige noch unbekannte Dimension in der ganzen Wirkungsgröße der Maschine aus. Da wir wegen der nur ungefähren Schätzung des l, auch q nur ungefähr finden können; so wird auch unsere berechnete Wirkung nicht ganz genau seyn! Indessen wollen wir auch hier allenthalben so zu schätzen suchen, daß die wirkliche Wirkung wohl größer, aber nicht leichte kleiner, als die berechnete ausfallen könne.

§. 327.

Ein Theil des Widerstandes l Wγ

1) besteht in der Friction des Treibkolbens. Er sey $= f. W\gamma = F$ ℔, so wäre nach Baaders Formel nur $F = 0{,}08 . 130 . 9 = 93{,}6$ ℔. Indessen wollen wir, um ein ziemliches höher, $F = 140$ ℔ ansetzen.

2) Das

2) Das Gewicht des Treibkolbens nebst seiner Stoßstange und Kette, sey $\mathfrak{H} = 600$ ℔.

3) Die Friction des Zwischengeschirres und des Kolbenbalancier, nebst dem Widerstande des Steuerungsgeschirres, wird der Kraft am Kolben höchstens 80 ℔ entziehen können. Denn da der Raum, den diese 80 ℔ Druck durchlaufen, nicht etwa nur 3,5 Fuß wie bey der alten Maschine, sondern 5 Fuß beträgt, so können sie zu einem beträchtlichen statischen Momente benutzt werden.

4) Das Schachtgestänge wiegt $S = 5.\ 0{,}349.\ 650 = 1135$ ℔. (§. 304.).

5) Der Atmosphärendruck, welchen die 5 Kolbenflächen der Kunstsätze während ihres Anhebens gegen sich haben, wäre freylich $= 5.\ 33{,}4.\ 0{,}349.\ 50 = 2910$ ℔ bey dem höchsten Barometerstande in Marienberg. Aber den höchsten Barometerstand haben wir im 12ten Kapitel nur angenommen, um für die dortigen Kunstsätze den Hub so voll als möglich gewinnen zu können. In der Regel wird man nur für den mittlern Barometerstand zu bauen haben; und so wird der fünffache Atmosphärendruck auf unsere 5 achtzollige Satzkolben, nur 2820 ℔ etwa betragen.

6) Der beständige Wasserstand über jedem Satzkolben sey etwa $\frac{2}{3}$ Fuß hoch, so macht in allen 5 Sätzen sein Gewicht $= \frac{2}{3}.\ 5.\ 0{,}349.\ 50 = 55$ ℔ aus. Wenn wir auch am Ende für rathsam halten möchten, diesen Wasserstand noch etwas höher zu machen; so wird dieses doch bey unserm hier folgenden Rechnungsgange auf seine Resulttate so gut als gar keinen Einfluß haben.)

7) Die Kolbenfriction in den 5 Sätzen nach §. 126, bestimmt, ist etwa

$= 5{,}03 . H . D = 5 . 0{,}3 . 33 . 8 = 400$ ℔.

8) Die Friction des großen Balancier am Schachtgestänge, nebst der Friction seiner Laschenketten etwa

$= 30$ ℔.

Die Summe aus 1) 2) 3) ist

$= 140 + 600 + 80 = 820$ ℔.

Die Summe aus 4) bis 8) ist

$= 1135 + 2820 + 55 + 400 + 30 = 4440$ ℔.

§. 328.

Beyde Summen geradezu angerechnet, würden

$1 W\gamma = 820 + 4440 = 5260$ ℔ geben.

Da nun nach §. 324,

$I . W\gamma = (132 + b) W\gamma = 132 . 0{,}4417 . 49 + b W\gamma$

$= 2860 + b W\gamma$ ℔ nur seyn soll, und doch b so gar groß nicht werden kann; so ist gewiß genug, daß wir eines verkürzten Lastarmes am Zwischengeschirre nöthig haben, um den aus 4) bis 8) bestehenden Theil des $I . W\gamma$ auf ein solches q. 4440 ℔ herabzubringen, bey welchem

$820 + 4440 . q = 2860 + b W\gamma$ seyn kann,

das ist, $4440 . q = 2040 + b W\gamma$.

§. 329.

Jetzt müssen wir, um b zu finden, auch den Niedergang der Maschine betrachten.

Der

Der Treibkolben nebst seiner Stoßstange und Kette wiegt = 600 ℔.

Bey seinem Niedergehen wird die Friction an ihm und seinem Balancier, nebst dem sämmtlichen Widerstande des Steuerungsgeschirres, höchstens 200 ℔ von diesem Gewichte verbrauchen.

Heiße nun 'b. Wγ der Zenithzug, welchen der Kolbenbalancier der sinkenden Stoßstange entgegen setzen darf; so wird seine gleichgültige Beschleunigungsmasse etwa doppelt so viel, = 2 'b Wγ nur zu betragen brauchen. Daher nun

$$ds = 2g. \frac{400 - 'b\,W\gamma}{600 + 2.\,'b\,W\gamma}\, t\,dt.$$

Auch hier auf constante Beschleunigung während $t = \frac{1}{4}\vartheta = \frac{5,8}{4}$ Secunden gerechnet, und wiederum gefordert, daß darin $s = \frac{1}{6}L = \frac{5}{6}$ Fuß durchlaufen werde, haben wir für die integrierte Gleichung sogleich

$$\frac{5}{6} = g. \frac{400 - 'b\,W\gamma}{600 + 2\,'b\,W\gamma} \cdot \left(\frac{5,8}{4}\right)^2.$$

Also $600 + 2\,'b\,W\gamma = (400 - 'b\,W\gamma).\ \frac{6}{5}.\ \left(\frac{5,8}{4}\right)^2.\ g$

und $(2 + \frac{6}{5}.\left(\frac{5,8}{4}\right)^2.\ g).\ 'b\,W\gamma = 400.\frac{6}{5}\left(\frac{5,8^2}{4}\right).\ g - 600$

welches 'b Wγ = 370 ℔ giebt.

Der geringe hydraulische Widerstand, welchen der niedergehende Treibkolben zu überwinden hat, indem er das Stiefelwasser bis zum Steuerungskolben zurücktreibt, ist bey einer kurzen hinteren Verbindungsröhre wenigstens, sehr unbeträchtlich; und ich

habe dagegen die weit beträchtlichere Krafthülfe nicht mit aufgeführt, die dem niedergehenden Treibkolben, vermittelst des Stiefelwassers unter ihm noch zuwächst.

§. 330.

Des b Wγ zweyter Theil heisse = q. "b Wγ weil der Balancier am Schachtgestänge ihn hergiebt, und er daher der Modification des Zwischengeschirres unterworfen ist, dessen Lastarm nur das qfache seines Kraftarmes ausmachen soll.

Zur Niederschiebung des Schachtgestänges ist an Kraft vorhanden sein eignes Gewicht S = 1135 ℔ nebst dem beständigen Wasserstande über den 5 Satzkolben = 55 ℔, zusammen = 1190 ℔.

Davon mögen auf die Friction dieser Kolben, auf den hydraulischen Widerstand in ihren Ventilen, auf die Friction des großen Balancier und des Zwischengeschirres, etwa 290 ℔ verwandt werden; so bleibt uns noch 900 ℔ als Druckmaaß der bewegenden Kraft übrig.

Indem nun "b Wγ den Zenithzug bedeutet, welchen dieser Balancier dem Sinken des Schachtgestänges entgegen ausüben darf; so kann auch hier seine gleichgültige Beschleunigungsmasse = 2. "b Wγ angesetzt, und eben so hoch die gleichgültige Masse des Zwischengeschirres geschätzt werden.

Verglichen mit dem Integral des ds in §. 329, erhalten wir dadurch

$$q.\tfrac{5}{6} = \frac{900 - "bW\gamma}{1190 + 4\,"bW\gamma} \cdot g. \left(\frac{5{,}8}{4}\right)^2,$$ welches

$1190.q + 4."bW\gamma.q = (900 - "bW\gamma).43{,}84$ giebt.

Also

$$\text{Also } {}''b W\gamma = \frac{39456 - 1190.q}{4.q + 42{,}84}$$

$$\text{Also } b W\gamma = {}'b W\gamma + q.\,{}''b W\gamma = 370 + \frac{39456.q - 1190.qq}{4.q + 43{,}84}$$

§. 331.

Wenn wir diesen Werth des $b W\gamma$ in die Gleichung

$$4440.q = 2040 + b W\gamma \text{ (§. 328.)}$$

bringen wollten; so würden wir eine unreine kubische Gleichung für q erhalten, deren Wurzel mühsam zu finden wäre.

Aber in dem Ausdrucke des $''b W\gamma$ ist es offenbar erlaubt, das q in seinem Divisor vorläufig nur nach seiner ungefähren Größe anzusetzen, die nach ungefährer Ueberschlagung, wenig von $\frac{2}{3}$ verschieden seyn kann.

Dadurch erhalten wir den Divisor $= 2{,}66 + 43{,}84 = 46{,}4$;

also $b W\gamma = 370 + 850.q - 25.qq$

dieses in die obige Gleichung aus §. 328, gebracht, giebt

$$4440.q = 2040 + 370 + 850.q - 25.qq$$

$$3590.q = 2410 - 25\,qq$$

$$5.qq + 718.q = 482$$

$$qq + \frac{718}{5}.q = 96{,}4$$

$$q = -71{,}8 + \sqrt{(71{,}8^2 + 96{,}4)} = -71{,}8 + 72{,}468$$

Also $q = 0{,}668$, noch ein weniges größer als $\frac{2}{3}$.

Wirkung der Maschine.

§. 332.

Wenn wir auch nur in runder Zahl $q = \frac{2}{3}$ anrechnen, so ist in jedem Kunstsatze die Hubhöhe

$= \frac{2}{3}. L = \frac{10}{3}$ Fuß.

Da die 5 Sätze überhaupt nur höchstens 162 Fuß Teufe einzubringen hatten, so kommt auf jeden Satz nur 32,4 Fuß. Davon für den beständigen Wasserstand nebst der Dicke des Kolbenstockes etwa 1,4 Fuß abgerechnet, bleiben nur etwa 31 Fuß für die größte Saughöhe übrig. Dafür werden sich unsere nur 8zolligen Sätze (denen man ohne Unbequemlichkeit auch weit genug anstecken, das heißt verhältnißmäßig hinreichend weite Saugröhren geben kann) gewiß so einrichten lassen, daß sie, selbst auch bey dem niedrigsten Barometerstande in Marienberg, voll heben können. Ist dieses erreicht, so wird dann bey allen Barometerveränderungen das Anheben der Sätze immerfort so gut als einerley Kraft erfordern, wenn diese Kraft (nach §. 327. No. 5.) für den mittleren Barometerstand berechnet ist. (Ich meyne dieser Behauptung ziemlich gewiß zu seyn, und sie dürfte auf die gute Einrichtung der Saugsätze einen beträchtlichen Einfluß haben. Wenn man auf die dahin gehörigen, ziemlich schwierigen Lehren keine Rücksicht nimmt; so entsteht dann freylich der gewöhnliche Fall, daß bey niedriger Barometerhöhe, die Künste nur matt wirken.)

§. 333.

Bey vollem Hube wird nun unser Stollensatz in einer Minute ausgießen

$= \frac{60}{14,8} \cdot \frac{2}{3} \cdot 5 \cdot 0,349 = 4,716$ Kubikfuß.

Der

Der Wirkungsgrad dieser Maschine ist also, (verglichen §. 45.)

$$= \frac{4{,}716.162}{9.135} = 0{,}62$$ sehr nahe; also um die Hälfte größer, als bey den besten oberschlägigen Rad-Kunstgezeugen, deren Wirkungsgrad nur = 0,41 war. (§. 41.)

§. 334.

Wenn die alte Maschine zur Beobachtungszeit wirklich zwischen $\frac{1}{7}$ und $\frac{1}{6}$ des an sich genommenen Wassers entwischen ließ; so waren es wenigstens 9 Kubikfuß Wasser, die sie in der Minute verbrauchte. Dabey ist es gar wohl möglich, daß sie nur $\frac{5}{6}$. 3,3 = 5. 0,55 = 2,75 Kubikfuß Hubwasser wirklich ausgoß.

Hätte man nun diese Hubwasser unmittelbar gemessen, und sie dann überhaupt nur geradezu nach ihrer wirklichen Leistung während der Beobachtung schätzen wollen; so wäre ihr Wirkungsgrad sehr gering,

nur $= \frac{2{,}75.162}{9.125} = 0{,}35$ ausgefallen! Bey unsern obigen Schätzungen dieser Maschine haben wir aber darauf Rücksicht genommen, daß sie bey gut geliedertem Treibkolben besser gewirkt haben, und dann ihr Wirkungsgrad dem 0,41 des oberschlägigen Rad-Kunstgezeuges etwa gleich gekommen seyn würde.

Neunzehntes Kapitel.

Verbindung eines Wassergöpels mit einem Säulen-Kunstgezeug.

§. 335.

In §. 30. Seite 23, versprach ich darzuthun, daß sich von eben dem Aufschlagewasser, welches eigentlich und in der Regel sämmtlich zur Säulenmaschine verbraucht werden soll, von Zeit zu Zeit auch eine Förderungsmaschine zugleich mit betreiben lasse. Allerdings scheint dieses viele Schwierigkeit zu haben, und ich möchte fast sagen, so gut als unmöglich zu seyn, wenn man bloß die Einrichtung der bisher schon erbauten Säulenmaschinen vor Augen hat. Nachdem wir aber durch die Vorschläge in den letztern obigen Kapiteln mancherley Krafterspariung und Anstelligkeit der Maschine gewonnen haben, wird sich die Sache recht gut ausführen lassen.

§. 336.

I) Von dem Gefälle des Aufschlagewassers soll zur Förderungszeit ein beträchtlicher oberer Theil auf ein oberschlägiges Kehrrad, zur Betreibung eines Göpels geleitet werden.

— — Wenn weiter nichts als diese erste Forderung uns vorgelegt würde, so hätten wir bloß dahin zu sehen, daß die Säulenmaschine nicht nur bey dem vollen, sondern auch bey dem verkürzten Gefälle in einem schicklichen Gange bleiben könne, bey dem vollen nicht gar zu geschwinde, bey dem abgekürzten nicht gar zu langsam gehe. Aber ich füge

II) die

II) die Forderung hinzu, daß eben das Wasser, welches das Kehrrad getrieben hat, von dessen Abzugsrösche (Unterfluther), durch einen zu diesem Behufe zu eröffnenden Eingang, in die Fallröhre der Säulenmaschine treten soll; folglich diese letztere so eingerichtet werden muß, daß sie auch unter dem verkürzten Gefälle noch eben so viel Wasser als unter dem ganzen Gefälle verbraucht, also eben so viel Kolbenspiele in der Minute vollendet! Ich setze mir

III) die Forderung, daß die Kunstsätze, welche von der Maschine anzuheben sind, bey ihrem ganzen und bey ihrem verkürzten Gefälle, immerfort die nähmlichen, auch der Anzahl nach bleiben sollen:

— — so haben wir den schwierigsten aber auch den gewöhnlichsten Fall der Aufgabe vor Augen; und es werden dann meines Erachtens höchstens nur zwey Wege zu ihrer Auflösung vorhanden seyn.

1) Es ließe sich allenfalls eine Einrichtung treffen, daß bey dem ganzen Gefälle die Sätze gänzlich voll, und dagegen bey dem verkürzten Gefälle nur wenig voll anheben könnten. Nur unter gewissen Umständen würde sich eine hinreichende Verkürzung des Gefälles dadurch einbringen lassen. Aber ich verliere kein weiteres Wort über diese Möglichkeit; schon darum nicht, weil jeder beträchtlicher Mangel an vollem Hube, mit einer beträchtlichen Kraftverschwendung, einer beträchtlichen Abweichung von der vortheilhaftesten Kraftbenutzung verbunden ist.

2) Das einzige übrige Mittel ist: man muß am Zwischengeschirre zweyerley Lastarme vorrichten; den längeren CF, für die Zeiten, da der Göpel feyert, und das ganze Gefälle zur Anhebung der Kunstsätze benutzt werden kann; den kürzeren Arm CK für die Fig. 7.

Zeiten,

Zeiten, da ein oberer Theil des Gefälles schon auf das Kehrrad geschlagen, also dessen hydrostatischer Druck dort schon verbraucht wird.

§. 337.

Ein Beyspiel wird alles deutlich machen. Von der Maschine des vorigen Kapitels mögen 33 Fuß Gefälle auf das Kehrrad geschlagen werden; so werden während dieser Zeit von dem l. $W\gamma = (132 + b).W\gamma$ in §. 324, nur noch $\frac{3}{4}$ l $W\gamma = (99 + b').W\gamma$ übrig bleiben.

Das hieher gehörige b' wird nähmlich auch um etwas kleiner, als das erste b ausfallen, und nach eben den Formeln, die wir in §. 330, benutzt haben, ebenfalls zu bestimmen seyn Indessen wird es ziemlich dahin kommen, daß auch b' beynahe $= \frac{3}{4}$ b seyn kann.

Also wird der kurze Lastarm CK auch beynahe $= \frac{3}{4}$. CF zu machen seyn, und daher die übrig bleibende Wirkung der Säulenmaschine am Kunstgezeuge noch beynahe $\frac{3}{4}$. 4,72 = 3,5 Kubikfuß Hubwasser in der Minute ausmachen.

§. 338.

Der oben erwähnte Eingang in die Fallröhre, wird auf folgende Weise vorzurichten seyn. Aus der Abzugsrösche des Kehrrades verbreitet sich sein Aufschlagewasser in einen ziemlich geräumigen Sammelkasten, der mit der Einfallsröhre der Säulenmaschine durch ein gekrümmtes so genanntes Kniestück verbunden ist. In den Sammelkasten muß sich dieses Kniestück mit der gehörigen konischen Erweiterung (§. 253.) einmünden, und in seiner übrigen Länge eben so weit als die Fallröhre seyn. In dem ersten horizontalen

Thei=

Theile seiner Länge hat es einen Hahn, um dadurch bald verschlossen, bald geöffnet zu werden, je nachdem der Göpel feyern oder mitarbeiten soll. In seinem übrigen Theile wird es mit niederwärts gerichteter sanfter Krümmung in die Fallröhre eingelassen.

§. 339.

Bevor man es der Maschine völlig abgelernt hat, um wie viel das Gegengewicht ihres Kolbenbalancier bey dem verkürzten Gefälle zu vermindern sey, kann es kommen, daß das Wasser im Sammelkasten unter dem Kehrrade sich aufstauet; und eben dieses würde auch zu befürchten seyn, falls die Säulenmaschine, indem der Göpel gebraucht wird, in eine plötzliche Stokkung geriethe. Kann es daher ohne große Kosten geschehen, so mag man in dieser Hinsicht eine Rösche eröffnet halten, wodurch das Wasser welches über den Sammelkasten tritt, seinen unschädlichen Abfluß nehmen kann.

§. 340.

Von einem Kehrrade, das nur 9 Kubikfuß Aufschlagewasser in der Minute erhält, wird man nur den 10ten Theil der Wirkung erwarten wollen, die ein Kehrrad bey eben so hohem Gefälle und 90 Kubikfuß Aufschlag zu leisten pflegt: und so dürfte allerdings die Frage entstehen, ob man in Hinsicht auf die gewöhnliche Größe der Tonnen (der Gefäße, die mit aufzuwindenden Erzen u. s. w. angefüllt werden, und deren Größe durch anderweitige Rücksichten bestimmt wird) von unserm so eben entworfenen Kehrrade einen schicklichen Gebrauch machen könne!

Da ich die hier gewöhnlichen Wassergöpel, wie sie von Mende eingeführt sind, zu den gelungensten Berg-

werks-

werksmaschinen glaube zählen zu müssen, und mich bey ihrer Betrachtung mehr zur Bewunderung der schon getroffenen schönen Einrichtung, als zu ihrer Verbesserung geneigt finde; so möchte ich fast Bedenken tragen, ein mehreres als jenes 1otel zu versprechen. Indessen scheinen doch noch hauptsächlich drey bis vier Hülfsmittel übrig zu seyn, durch deren Benutzung man von jenem 1otel sich vielleicht sogar bis auf ein 7tel erheben, also die Wirkung fast um ein Drittel vergrößern könnte.

1) **Ueberhaupt** sollte man, wo es ohne unschickliche oder doch gar zu kostspielige Verlängerung *) des Kunstschachtes noch thunlich bleibt, nahmentlich den oberschlägigen Rädern etwas längere Schaufeln, als es hier gewöhnlich ist, zu verschaffen suchen; weil dadurch die so genannte Höhe (deutlicher die Breite) des Kranzes vermindert, also das statische Moment des wasserhaltigen Bogens vermehrt wird. Bey den Kehrrädern wird dieses meistens geschehen können, weil sie doch gewöhnlich nicht so gar tief unter Tage hängen, und bey ihnen lediglich eine Verlängerung des Stangenschachtes über ihnen nöthig ist.

Insbesondere aber wird bey den Kehrrädern, die nur das wenige, zu einer Wassersäulenmaschine bestimmte

*) Länge des Schachtes heißt die größte Dimension seines horizontalen Durchschnittes, der in den gewöhnlichsten viereckigen Schächten, je nachdem sie seiger oder verflächt (vertikal oder nicht vertikal, sondern weniger als 90 Grad von der horizontalen Fläche abweichend) fallen, ein rechtwinkliges oder schiefwinkliges Parallelogram ausmacht. Macht der Schacht einen Theil eines ausgebauten Ganges aus, so wird die größte Dimension dieses Parallelogrammes allemahl in dem Streichen des Ganges, das heißt seiner Streichlinie parallel liegen.

stimmte Aufschlagewasser in Empfang nehmen, ihr Kranz auch ohne übergewöhnliche Länge des Schachtes, ungemein schmal können gemacht werden.

2) Ueberhaupt wird für alle oberschlägige Räder, insbesondere aber für diejenigen deren Kranz man gehörig verschmälert hat, der Lambertische Mantel sehr zu empfehlen seyn. Er hat auf den ersten Anblick das Ansehen eines etwas hoch, bis fast auf die Halbhöhe des Rades hinangehenden Kropfgerinnes eines unterschlägigen Rades. In der That soll auch er, gleich einem Kropfgerinne, Wasser auf das Rad führen, und so lange als möglich, also bis zur untersten Schaufel hin in den Zellen erhalten, aber nur dasjenige Wasser, welches aus den mittleren Zellen durch den Centrifugaltrieb herausgeschleudert, und aus den niedrigern überdies auch durch seine Schwere herausgetrieben würde, noch ehe sie ihren untersten Stand erreicht haben.

In Eytelweins Handbuche der Mechanik finde ich innerhalb des Mantels auch einige Schaufeln oder Stiegen gezeichnet, deren Breite den Richtungen der Stoßschaufeln im Rade gemäß, abschüssig ist. Eine sehr zweckmäßige Einrichtung; um das aus den obern Zellen aufgefangene Schleuderwasser nach vortheilhaften Richtungen wiederum in die Zellen zu führen. Aus den unteren Zellen wird das Wasser nicht einmahl hinausgeschleudert werden können, sondern durch den Gegendruck des Wassers zwischen Mantel und Rad immerfort in den Zellen erhalten werden. Man wird dahin zu sehen haben, daß der Mantel besonders in seinen untersten Theilen nur einen sehr geringen Spielraum zwischen sich und dem Rade lasse. In den Gruben hat man auch beym Frostwetter kein Einfrieren dieses Spielraumes zu fürchten; und das gewöhn-

wöhnliche Schwanken des Rades wird durch No. 1. schon sehr vermindert seyn.

3) Auch ein oberschlägiges Rad, ob es gleich in andern Sprachen sogar den Namen eines rückwärts laufenden Rades (rota retrograda) erhalten hat, kann gleichwohl so behandelt werden, daß es vorwärts laufen, seine unterste Schaufel der Richtung gemäß drehen muß, nach welcher das Aufschlagewasser zufließt, und in den gewöhnlichsten Unterfluthern das Unterwasser seinen Abfluß nimmt. Man sehe Eytelwein a. a. O. In vielen Fällen wird gerade durch diese Einrichtung am besten ein beträchtlicher Theil der sonst nöthigen Abzugsröschen (worunter man hier das Gefälle des Unterfluthers versteht) erspart werden können, der dann der Höhe des Rades zu Gute kommt.

4) Eben deshalb, weil unser Kehrrad in Hinsicht auf die Tonnenlast, die es fördern soll, nur wenig Aufschlagewasser erhält, eben deshalb wird es nur langsam umlaufen. Nur bey einem langsamen Gange des Rades ist es rathsam, das Wasser in eine der obersten Zellen, hier vielleicht schon in die zweyte von oben, einschlagen zu lassen, und dadurch von dem vorhandenen Gefälle den möglich größten Nutzen zu ziehen, indem man es beynahe gänzlich durch seinen Druck wirken läßt. Manche Kehrräder übermächtigen Radkunstgezeugen, erhalten dagegen so viel Aufschlagewasser, daß auch bey ihrer größten noch schicklichen Tonnenlast, ihr Umlauf so schnell ist, daß man das Wasser auf eine viel tiefere Zelle muß fallen lassen, und dadurch gar viel am wasserhaltigen Bogen verliert.

Zwan-

Zwanzigstes Kapitel.

Einige Aussicht auf Wassersäulenmaschinen von einem sehr geringen Gefälle.

§. 341.

Wenn es zuvörderst durch einige wirklich erbaute Säulenmaschinen mit einem ziemlich großen Gefälle, auch faktisch erwiesen seyn wird, daß sie um ein beträchtliches vortheilhafter, als unsre besten oberschlägigen Räder, an den Kunstgezeugen wirken können; so wird man, selbst auch wo das Aufschlagewasser zur Betreibung eines schicklichen Kunstrades mächtig genug ist, dennoch die Säulenmaschine vorzugsweise ergreifen sollen?

Unter dem Vorbehalte einer künftigen sorgfältigeren Beantwortung dieser wichtigen Frage, würde ich für jetzt etwa folgendes darüber mitzutheilen haben.

§. 342.

Am Ende des 18ten Kapitels fanden wir, daß ein Aufschlagewasser von 9 Kubikfuß und 100 Fuß Gefälle, fünf unter einander hängende 8zollige Saugsätze, die 162 Fuß seigere Teufe selbst in dem ziemlich hoch gelegenen Marienberg einbringen, mit einer noch schicklichen Hubhöhe anheben und 3,5 Kubikfuß Hubwasser in der Minute ausgießen konnte, und der Treibcylinder dabey nur 9zollig war: welches wir bis auf künftige nähere Erörterung der Sache, hier als Regelfall benutzen wollen.

§. 343.

Bey der ehemaligen Maschine auf Vater Abraham ist sogar ein 24zolliger Treibcylinder in wirklichem Ge-

brauche gewesen. (Nach angebrachtem Windkessel wird man auch fernerhin nicht zu befürchten haben, daß ein so weiter Cylinder auch gar zu weite und kostspielige Einfallsröhren erfordern möchte. Namentlich wird bey einem niedrigen Gefälle diese Besorgniß gar nicht mehr Statt finden.)

§. 344.

Nach dem angenommenen Regelfalle in §. 342, zu urtheilen, würde schon ein 18zolliger Treibcylinder hinreichend seyn, mit 36 Kubikfuß Afschlagewasser und 50fußigem Gefälle desselben, ein Satzgehänge von zehn 8zolligen Sätzen in ein solches Kolbenspiel zu bringen, daß in einer Minute 3,5 Kubikfuß Wasser in einem seigeren Satzgehänge gehoben würden; und seine Teufe würde dann 2. 162 = 324 Fuß ausmachen.

Ein 24zolliger Treibcylinder würde nach eben dieser Regel, mit 64 Kubikfuß Aufschlagewasser und 50fußigem Gefälle desselben, ebenfalls 3,5 Kubikfuß schon aus einer Teufe von 576 Fuß anheben können!

Dabey ist nun auf die oben (§. 278.) vorgeschlagenen Wagesätze noch nicht geachtet; die uns gleichwohl gerade in denen Fällen, da der Kunstschacht sehr tief abzusenken ist, den meisten Nutzen leisten, und eine vortreffliche Hülfe abgeben werden, um die große Teufe der Wasserhebung mit einzubringen.

Die lange Schachtstange wird nähmlich ein so großes Uebergewicht haben, daß ein beträchtlicher Theil ihres Gegengewichtes im Balancier, zu Wagesätzen benutzt werden kann, und immer noch ein hinlängliches solches Gegengewicht übrig bleibt, dessen statischem Momente man die erforderliche Veränderlichkeit geben

kann,

kann, um bey einem nur geringen Gefälle der Wassersäule, dennoch einen vertikalen Treibcylinder ohne Verschlimmerung des Maschinenganges anzustellen. Ja, selbst auch dieses letztere Gegengewicht wird zum großen Theil noch aus einem obersten Wagesatze können hergenommen werden, wenn man auf eine etwas künstliche Einrichtung seiner Kolbenhebung, und auf eine sehr genaue Berechnung der ganzen Maschine sich einlassen will und kann.

§. 345.

Durch solche Wagesätze wird nun auch die Wirkung selbst noch vergrößert, ein höherer Wirkungsgrad in der Maschine erreicht werden; indem ja nun statt eines bloßen Gegenwichtes im Balancier schon die Wasser hebenden Wagesätze in Bewegung gesetzt werden.

Indessen will ich es dagegen gerne eingestehen, daß das Beyspiel in §. 342, worauf wir unsere ungefähren Schätzungen begründet haben, vielleicht noch etwas anders modificiert werden muß, ehe es für die beträchtlichen Teufen von vielen hundert Fußen der Wasserhebung, einen zuverlässigen Regelfall abgeben kann.

§. 346.

Mit ziemlicher Sicherheit wird dagegen aus diesem Beyspiele schon zu folgern seyn, daß ein 24zolliger Treibcylinder bey 64 Kubikfuß Aufschlagewasser mit 50fußigem Gefälle, durch ein 8.$\frac{1}{2}$zolliges Satzgehänge von 285 Fuß seigerer Teufe etwa 7 Kubikfuß in der Minute ausgießen kann. Der Wirkungsgrad wäre dann $= \frac{285.7}{50.64} = 0{,}62$, also immer noch um

die Hälfte größer, als bey einem oberschlägigen Rad-Kunstgezeuge.

Soll ich gegenwärtig, da ich für die Maschinerie des Bergbaues noch mancherley zu lernen, zu beobachten und zu untersuchen übrig habe, gleichwohl schon es wagen, ein etwas allgemeines Urtheil über seine Wasserhebungsmaschinen zu äußern; so würde es dahin ausfallen: daß man freylich bey den Kunstsätzen selbst noch einige Abänderungen dürfte zu versuchen haben; auch an den oberschlägigen Wasserrädern von dem bisher gewöhnlichen Aufschlage vielleicht noch etwas auf eine schickliche Weise erspart werden könnte; der größte Gewinn für die Wasserökonomie aber von einer gehörigen Benutzung der Wassersäulenmaschine zu erwarten sey.

Ein

Ein und zwanzigstes Kapitel.

Urtheil über Gervinus neuerlich vorgeschlagene hydraulische Winde, und deren Anwendung zur Verbesserung der Wassersäulenmaschine.

§. 347.

So eben erhalte ich von Voigts Magazin für den neuesten Zustand der Naturlehre das 4te Stück des gegenwärtigen Jahrganges, und darin den IVten Aufsatz:

„Ueber eine Verbesserung und sehr vortheilhafte Anwendung der hydraulischen Winde des Herrn Hofrath Gervinus beym Bergbaue, von dem Herrn Bergamtsactuarius Engelbrecht zu Freyberg.

Herr Engelbrecht glaubt in jener hydraulischen Winde eine sehr wesentliche Verbesserung der Wassersäulenmaschine zu finden: denn man brauche nur, wie es Herr Gervinus bey seiner hydraulischen Winde verlangt, einen so genannten Trichter cdef (statt des bisherigen massiven und cylindrischen Kolbens) von der Wassersäule bq aufwärts treiben zu lassen; so werde man „allerhöchstens nur $\frac{1}{3}$ von dem bisher erforderlichen Aufschlagewasser für einerley Wirkung nöthig haben." Fig. 10.

Warum noch ein Drittel? Schon der 100ste, und eben so gut auch schon der 1000ste Theil des bisherigen Aufschlagewassers würde ebenfalls hinreichend seyn müssen, wenn die Schlüsse, woraus jenes Drittel gefolgert ist, überhaupt ihre Richtigkeit hätten!

Aber die Erwartungen, welche der Herr Hofrath **Gervinus** von seiner hydraulischen Winde gefaßt hat, und die Behauptungen des hydrostatischen Hauptsatzes stehen gegen einander in einem so offenbaren Widerspruche, daß dadurch dieser neuen Maschine der Krieg auf Tod und Leben angekündigt wird.

Der Hauptsatz in der Hydrostatik behauptet, daß in einem flüssigen Körper jeder Druck, welchen irgend ein Theil desselben erleidet, nach allen Richtungen hin gleichförmig, und namentlich auch bis auf die Wände des Gefäßes hin sich verbreitet, durch deren Widerstand das gedrückte Fluidum in innerer Ruhe erhalten wird; so daß in dem trichterförmigen Kolben c d n m, nicht bloß die ebne Wand c d, sondern auch die conische Wand c n m d, in allen Elementen ihrer innern Fläche Drückungen erhält, die allenthalben den dahin gehörigen Druckhöhen gemäß sind.

Durch die höhere Hydrostatik pflegt daraus ferner gefolgert zu werden, daß in dem gesammten Drucke, welchen die conische Seitenwand c n m d leidet, so viel nadirwärts gerichteter Druck steckt, daß nach dessen Abzuge von dem zenithwärts gerichteten Druck gegen die horizontale Wand c d, gerade nur so viel übrig bleibt als man — — — ebenfalls schon haben würde, wenn man die conische Erweiterung des Kolbens gänzlich weggelassen, und sogleich den Hals des Trichters bey n m mit einer ebnen horizontalen Wand verschlossen hätte!

Der Herr Bergamtsactuarius **Engelbrecht** ist, auch von Seiten seiner mathematischen Kenntnisse, dem hiesigen Publico sehr vortheilhaft bekannt; daher es nur durch Uebereilung ihm begegnen konnte, jene so genannte hydraulische Winde, die wesentlich untheoretisch ist und bleiben muß, durch eine abgeänderte, wasserdichtere Liederungsbüchse bey t t verbessern, und irgend wozu gebrauchen zu wollen.

Verbesserungen.

Seite 9 Zeile 4 von unten statt: Fig lies: Fig. 3 und 4
" 11 " 13 " " " Fig. 2, lies: Fig. 1
" 11 " 14 " " " Fig. 1, lies: Fig. 2
" 34 " 5 " " " des lies: dieses
" 41 " 11 von oben statt gekrümmten lies: gekämmten
" 55 " 2 und 10 von unten statt 7640 lies: 7680
" 56 " 2 von oben statt 4 lies: 9
" 56 " 3 " " " 9 " 4

Seite 55 und 56 in §. 61.

Meine Bedenklichkeiten gegen die dortigen Angaben des Herrn Bergmechanicus Struder veranlaßten ihn, mit sorgfältig destilliertem Wasser neue Versuche anzustellen; und dabey fand sich das mittlere Gewicht eines französischen Kubikzolles statt der ehemaligen 330,94 jetzt nur 328,6 Grän. Demnach wird nun das Gewicht eines Leipziger Kubikfußes statt 48 822 Cölnische lb. nur auf 48,4768 Cölnische, oder 48,5367 Dresdner lb anzusetzen seyn.

Der Brandenburgisch-Rheinische Kubikfuß wiegt hiernach nur = 66,6845 Cölnische lb. und der Pariser Kubikfuß = 73,935 Cölnische lb.

Seite 64, Zeile 15 von unten statt: modificiert lies: reduciert
" 119 " 6 " " " W lies: M
" 121 " 3 " oben " ersten, vierten l. ersten vierten
" 125 " 5 " " " BO' l. BM
" 148 " 16 " " " größte l. zweyte
" 152 " 9 " " " leiten l. leiden
" 152 " 6 " unten " betrifft l. beträgt
" 154 " 11 " oben " n l. e
" 160 " 13 " unten " horizontalen l. horizontale

Seite 165 Zeile 4 von unten sollte es statt 6,34 eigentlich 6,84 heißen. Indessen kann man 6,34 im dortigen Texte, und was aus ihm für dieses Kapitel gefolgert ist, immerhin stehen lassen. Spaterhin, wo die Folgen dieses Irrthumes mehreren Einfluß erhalten, habe ich ihn sogleich bemerkt, und erörtert.

Seite 175 Zeile 12 von unten statt: könnte lies: konnte
" 176 " 12 " " " = 120 lies: (= 120
" " " " " " " 6115 lb. " 6115 lb.)
" 212 " 14 " " " cc lies: ℂℂ
" 224 in §. 270. Zeile 1 statt: Treibcylinder l. Treibcylindern
3 " die l. den

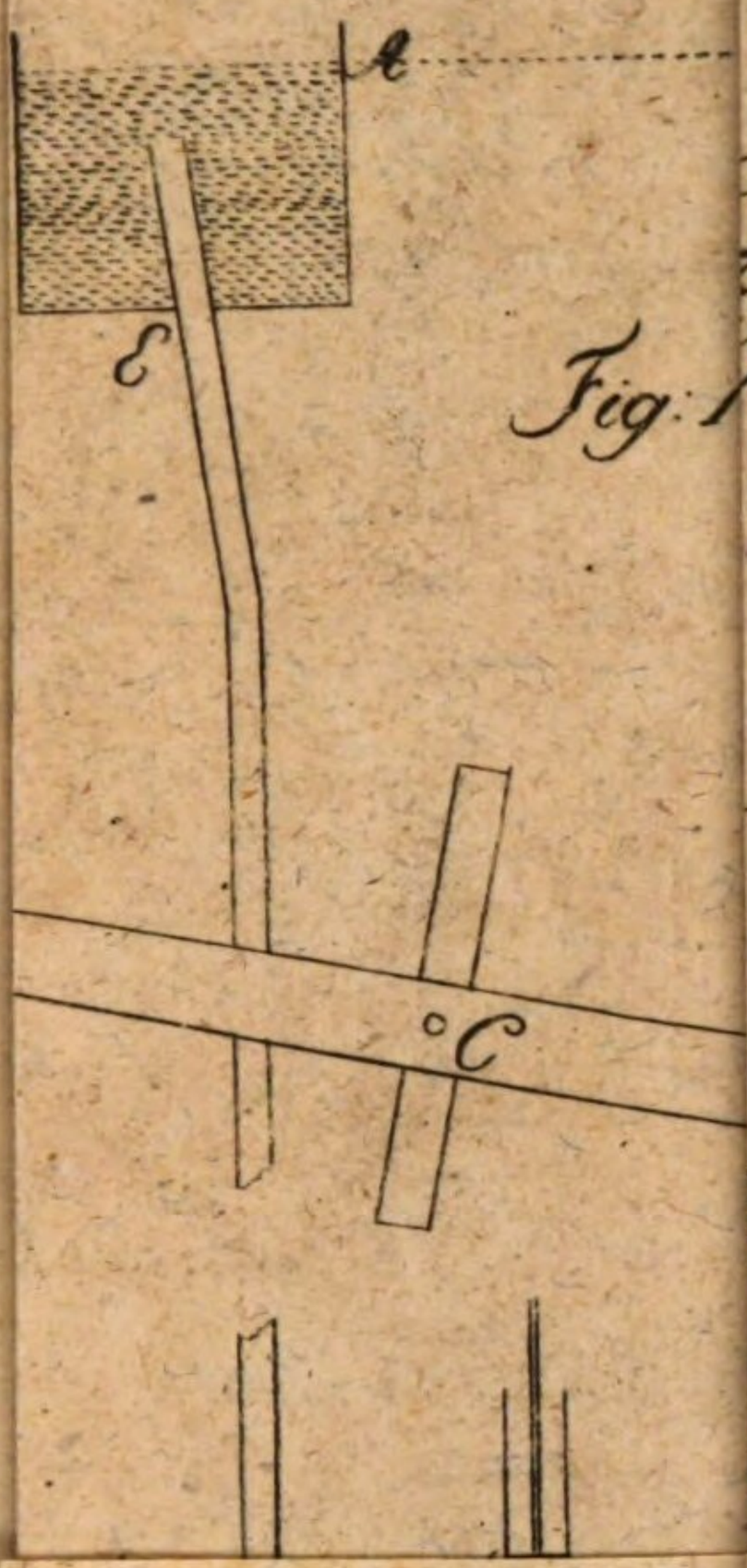


Fig: 1

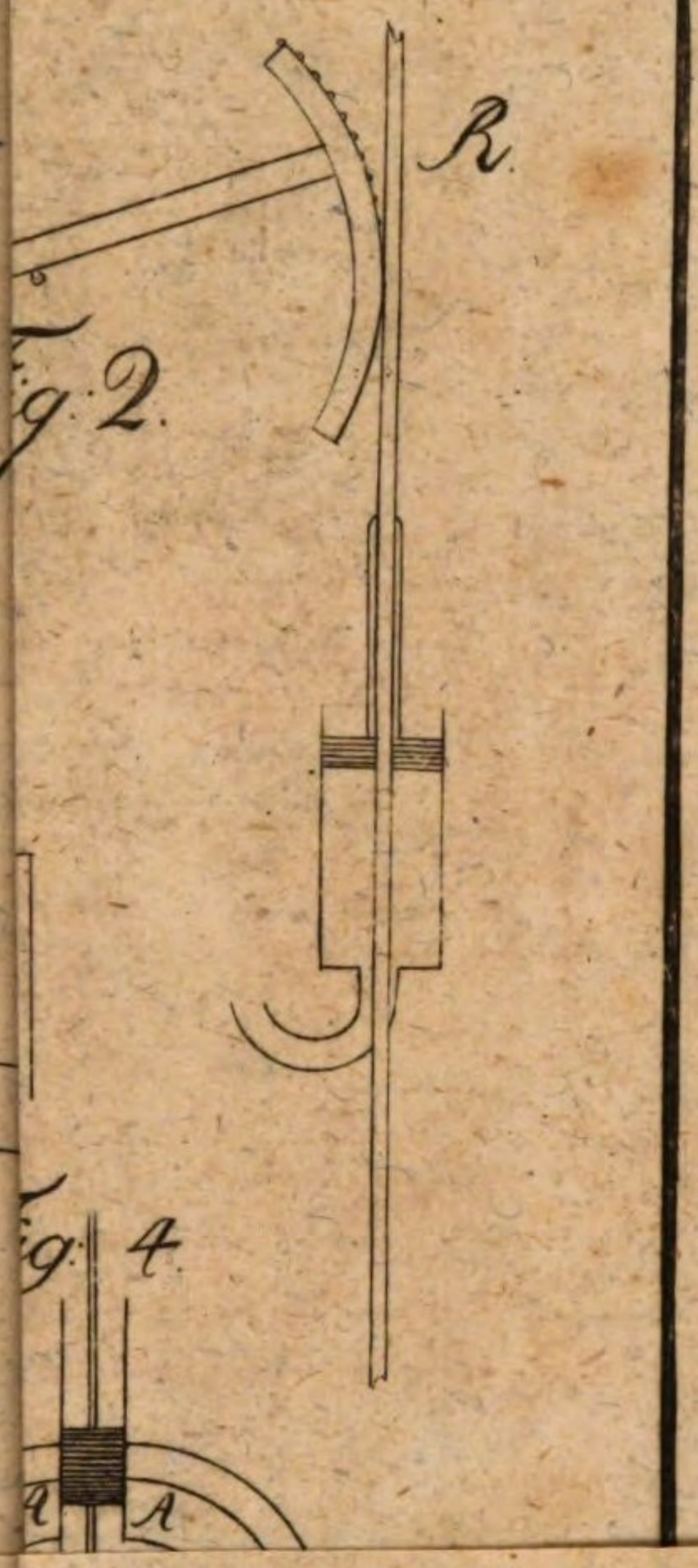


Fig. 2

Fig: 4

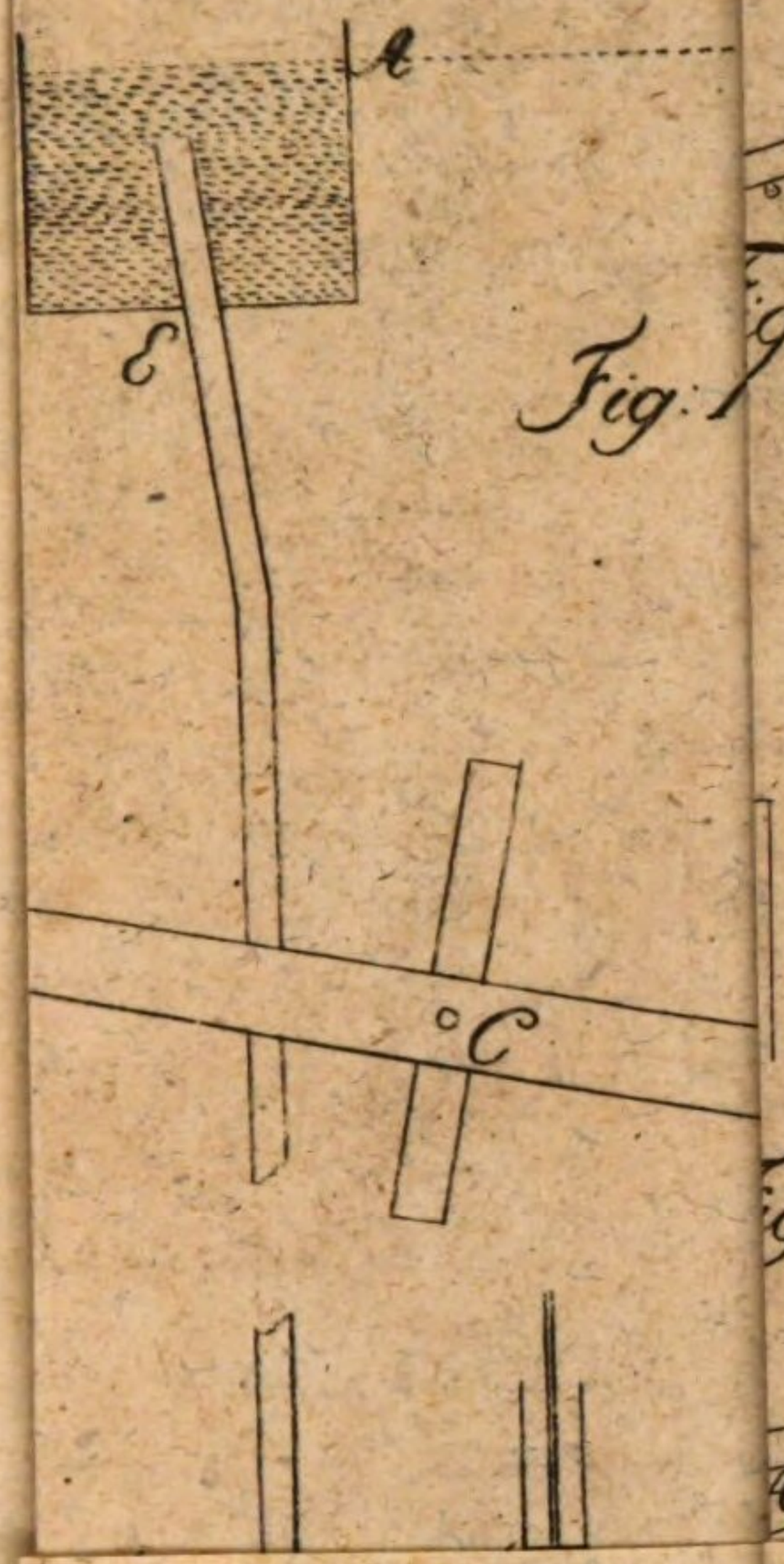


Fig: 1

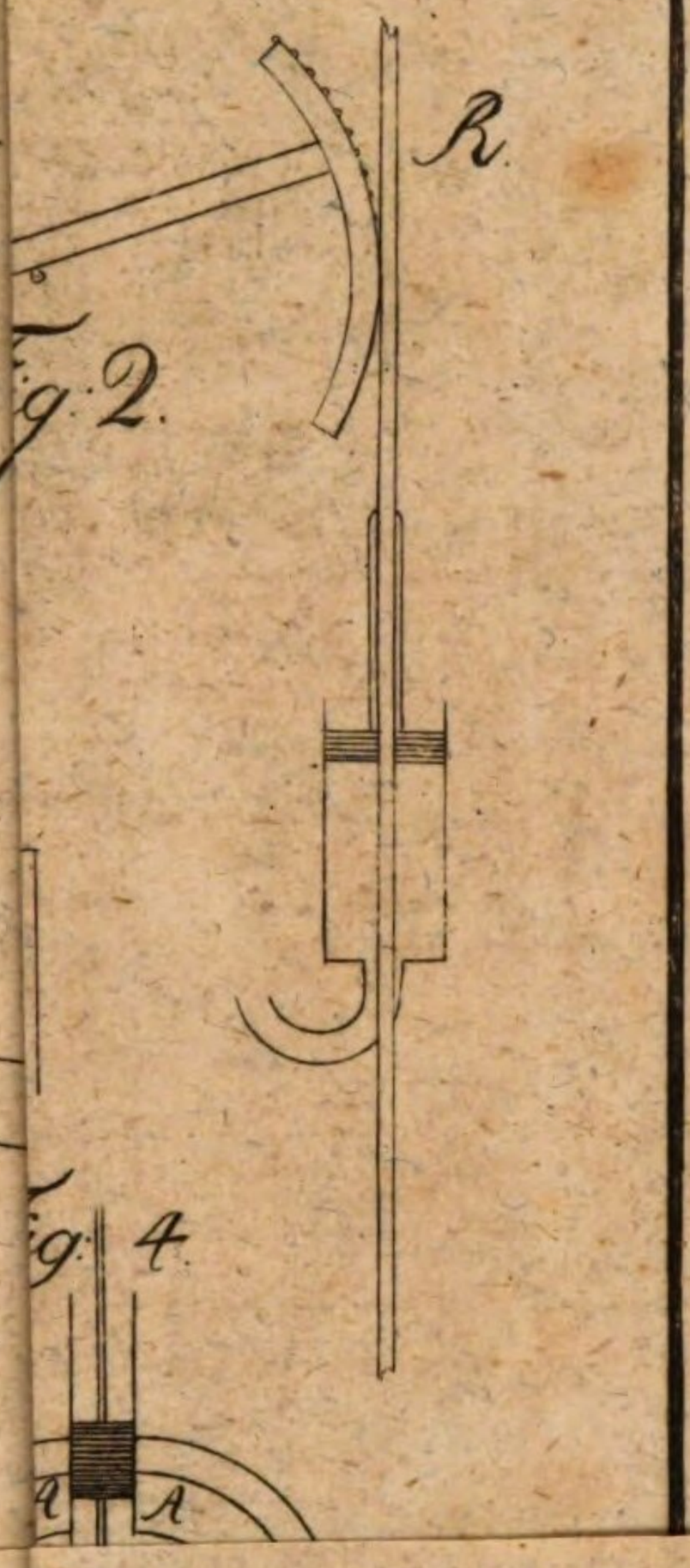


Fig: 2

Fig: 4

BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Busse, Friedrich Gottlieb <<von>>,

Betrachtung der Winterschmidt- und Höll'schen Wassersäulenmaschine nebst Vorschlägen zu ihrer Verbesserung und gelegentlichen Erörterungen über Mechanik und Hydraulik

Freyberg 1804

A.hydr. 20 z
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10059791-1